

Grondstofvraag voor een koolstofarme samenleving

Scenario's voor een rechtvaardige Belgische energietransitie



Koen Breemersch (VITO) en Michel Riemersma (Profundo)

1 december 2019



Over dit rapport

Dit rapport is geschreven in opdracht van 11.11.11. Dit rapport geeft inzicht in de mogelijke trajecten naar een koolstofarme Belgische samenleving. Het rapport laat zien wat de grondstofvraag is voor de transitie naar een duurzame energievoorziening en duurzame mobiliteit. Daarbij legt het rapport bloot wat de mogelijke pijnpunten van de grondstofvraag zijn, om het maatschappelijk debat te voeden en op zoek te gaan naar concrete oplossingen en beleidsaanbevelingen in België en daarbuiten.

Over Profundo

Met gedegen onderzoek en advies wil Profundo een praktische bijdrage leveren aan een duurzame en sociaal rechtvaardige wereld. Met diensten op maat helpen we onze opdrachtgevers om hun duurzame ambities te realiseren. Thematisch houden we ons bezig met grondstofketens, de financiële sector en maatschappelijk verantwoord ondernemen. Meer informatie over Profundo is te vinden op www.profundo.nl.

Over VITO

VITO is een toonaangevend, internationaal onderzoeks- en adviescentrum. Het reikt kennis en technologische innovaties aan die de transitie naar een duurzamere samenleving faciliteren.

Dit doen we op het vlak van energie, chemie, materialen, gezondheidstechnologie en landgebruik. Wij verbinden verschillende partijen in een duurzame waardenketen. Door samenwerking, schaalvergroting en toenemende expertise kunnen we zo slimmer gebruik maken van bestaande duurzame oplossingen en nieuwe technologieën ontwikkelen.

Auteurs

Het onderzoek voor dit rapport is uitgevoerd en beschreven door Koen Breemersch (VITO) en Michel Riemersma (Profundo), met bijdragen van Barbara Kuepper (Profundo). Het rapport dient als volgt geciteerd te worden: Breemersch, K. en Riemersma, M. (2019, december), *Grondstofvraag voor een koolstofarme samenleving: Scenario's voor een rechtvaardige Belgische energietransitie*, Amsterdam, Nederland: Profundo en VITO.

Foto op de voorpagina: iStock ID 2882405 | ooyoo, Tokyo, Japan.

Disclaimer

Profundo neemt de grootst mogelijke zorgvuldigheid in acht bij het verzamelen van informatie en het verwerken daarvan in publicaties, maar kan niet garanderen dat deze publicatie volledig is. Profundo neemt geen verantwoordelijkheid voor fouten in de gebruikte bronnen, noch voor veranderingen na de publicatiedatum. Deze publicatie is bedoeld voor informatieve doeleinden en dient niet te worden gelezen als een rapport dat goedkeuringen, verklaringen of garanties van welke aard dan ook verstrekt. Profundo zal geen aansprakelijkheid aanvaarden voor schade die voortvloeit uit het gebruik van deze publicatie.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inleiding	7
Hoofdstuk 1 Onderzoeksmethodologie en bronnen	8
1.1 Materialen in de energietransitie	10
1.1.1 Databronnen.....	10
1.1.2 Scenario's	14
1.2 Materialen voor duurzame mobiliteit	16
1.2.1 Databronnen.....	16
1.2.2 Scenario's	17
1.3 Productie	19
1.4 Importdata	21
1.5 Selectie cases sociale- en milieuimpact	21
Hoofdstuk 2 Materialen in de energietransitie en transitie naar een duurzame mobiliteit	22
2.1 Materialen in de energietransitie	23
2.1.1 Boor (B)	23
2.1.2 Cadmium (Cd)	24
2.1.3 Dysprosium.....	25
2.1.4 Gallium (Ga).....	25
2.1.5 Indium (In)	26
2.1.6 Koper (Cu).....	27
2.1.7 Neodymium (Nd)	28
2.1.8 Nikkel (Ni)	29
2.1.9 Praseodymium (Pr)	30
2.1.10 Selenium (Se)	30
2.1.11 Tellurium (Te).....	31
2.1.12 Terbium (Tb).....	32
2.1.13 Zilver (Ag).....	33
2.1.14 Algemene conclusies van de materiaalvraag verbonden aan de duurzame energietransitie	34
2.2 Materialen voor duurzame mobiliteit	35
2.2.1 Kobalt (Co)	35
2.2.2 Koper (Cu).....	36
2.2.3 Lithium (Li)	37
2.2.4 Nikkel (Ni)	37
2.2.5 Algemene conclusies van de materiaalvraag verbonden aan de duurzame energietransitie.....	38
2.3 Combinatie van de duurzame mobiliteit en energie scenario's voor koper en nikkel	38

Hoofdstuk 3	Grondstofproductie	40
Hoofdstuk 4	Belgische import van grondstoffen	42
4.1	Boor	42
4.2	Cadmium.....	42
4.3	Dysprosium en terbium.....	43
4.4	Gallium	43
4.5	Indium	44
4.6	Kobalt.....	44
4.7	Lithium	45
4.8	Neodymium en praseodymium.....	45
4.9	Selenium en tellurium	45
4.10	Zilver.....	47
4.11	Import zonnepanelen, windturbines en accu's van elektrische auto's.....	47
4.11.1	Zonnepanelen	48
4.11.2	Windturbines	48
4.11.3	Accu's van elektrische auto's	49
Hoofdstuk 5	Sociale- en milieuimpact	50
5.1	Arbeidsrechtenschendingen	51
5.1.1	Casus: kobalt uit de DRC	51
5.2	Landroof.....	52
5.2.1	Casus: lithium uit Zuid-Amerika	52
5.2.2	Casus: zilver uit Peru	52
5.3	Waterschaarste.....	53
5.3.1	Casus: lithium uit Zuid-Amerika	53
5.4	Milieuvervuiling en biodiversiteit	55
5.4.1	Casus: neodymium uit China	55
5.4.2	Casus: kobalt uit de DRC.....	55
5.5	Politieke instabiliteit.....	56
Hoofdstuk 6	Grondstofbudget voor België.....	58
Hoofdstuk 7	Conclusies en aanbevelingen	64
7.1.1	Grondstoffenvraag energietransitie	64
7.1.2	Grondstoffenvraag duurzame mobiliteit.....	65
7.2	Aanbevelingen.....	66
Bijlage 1	HS-codes	68
Bijlage 2	Grondstoffenreserves, resources en voorraden	70
Bijlage 3	Tabellen met importdata	79
Bronverwijzingen.....		83

Lijst van figuren

Figuur 1	Totale capaciteit aan productie hernieuwbare energie.....	9
Figuur 2	Samenstelling markt voor zonnepanelen en windturbines	11
Figuur 3	Metalen in kristallijne zonnepanelen.....	12
Figuur 4	Metalen in dunne film CdTe zonnepanelen.....	12
Figuur 5	Metalen in dunne film CIGS zonnepanelen	12
Figuur 6	Metalen in direct drive windturbine.....	13
Figuur 7	Metalen in hoge snelheid windturbine.....	13
Figuur 8	Metalen in medium snelheid windturbine	13
Figuur 9	Energieopwekking bij DEM-scenario.....	14
Figuur 10	Energieopwekking bij PV-scenario.....	15
Figuur 11	Energieopwekking bij WIND-scenario	15
Figuur 12	Lithium en kobalt in elektrische voertuigen	17
Figuur 13	Verkoop per type personenwagen in Technofix-scenario.....	17
Figuur 14	Verkoop per type personenwagen in Circulair Klimaatscenario	18
Figuur 15	Vraag naar boor in de energietransitie.....	23
Figuur 16	Vraag naar cadmium in de energietransitie.....	24
Figuur 17	Vraag naar dysprosium in de energietransitie	25
Figuur 18	Vraag naar gallium in de energietransitie	25
Figuur 19	Vraag naar indium in de energietransitie	26
Figuur 20	Vraag naar Koper in de energiemarkt.....	27
Figuur 21	Vraag naar Neodymium in de energiemarkt.....	28
Figuur 22	Vraag naar Nikkel in de energiemarkt	29
Figuur 23	Vraag naar praseodymium in de energietransitie	30
Figuur 24	Vraag naar selenium in de energietransitie	30
Figuur 25	Vraag naar tellurium in de energietransitie	31
Figuur 26	Vraag naar terbium in de energietransitie	32
Figuur 27	Vraag naar zilver in de energietransitie.....	33
Figuur 28	Vraag naar kobalt voor duurzame mobiliteit	35
Figuur 29	Vraag naar Koper voor duurzame mobiliteit.....	36
Figuur 30	Vraag naar lithium voor duurzame mobiliteit.....	37
Figuur 31	Vraag naar nikkel voor duurzame mobiliteit	37
Figuur 32	Vraag naar koper in gecombineerde energie en mobiliteit scenario's	39

Figuur 33	Vraag naar Nikkel in gecombineerde energie en mobiliteit scenario's.....	39
Figuur 34	Boor-import naar België (2018).....	42
Figuur 35	Cadmium-import naar België (2018).....	43
Figuur 36	Importcategoriën die cadmium bevatten naar België (2018).....	43
Figuur 37	Indium-import naar België (2018)	44
Figuur 38	Kobalt-import naar België (2018)	44
Figuur 39	Kobalthalffabrikaten en verwerkte kobalt-import naar België (2018).....	45
Figuur 40	Lithium-import naar België (2018)	45
Figuur 41	Selenium-import naar België (2018).....	46
Figuur 42	Tellurium-import naar België (2018).....	46
Figuur 43	Uit selenium of tellurium gewonnen zouten:-import naar België (2018)	47
Figuur 44	Gebruikt zilver:-import naar België (2018)	47
Figuur 45	Lithiumcellen, -batterijen en -accumulators-import naar België (2018)	49
Figuur 46	Locatie casussen over sociale- en milieuimpact.....	50
Figuur 47	Grondstofbudget van boor voor België	58
Figuur 48	Grondstofbudget van cadmium voor België	59
Figuur 49	Grondstofbudget van dysprosium voor België	59
Figuur 50	Grondstofbudget van gallium voor België.....	59
Figuur 51	Grondstofbudget van indium voor België.....	60
Figuur 52	Grondstofbudget van kobalt voor België	60
Figuur 53	Grondstofbudget van koper voor België	60
Figuur 54	Grondstofbudget van lithium voor België.....	61
Figuur 55	Grondstofbudget van neodymium voor België.....	61
Figuur 56	Grondstofbudget van nikkel voor België	61
Figuur 57	Grondstofbudget van praseodymium voor België.....	62
Figuur 58	Grondstofbudget van selenium voor België.....	62
Figuur 59	Grondstofbudget van tellurium voor België.....	62
Figuur 60	Grondstofbudget van terbium voor België.....	63
Figuur 61	Grondstofbudget van zilver voor België	63
Figuur 62	Grondstofbudget van cadmium voor België	75
Figuur 63	Grondstofbudget van koper voor België	75
Figuur 64	Grondstofbudget van lithium voor België.....	75
Figuur 65	Grondstofbudget van neodymium voor België.....	76
Figuur 66	Grondstofbudget van nikkel voor België	76

Figuur 67	Grondstofbudget van praseodymium voor België.....	76
Figuur 68	Grondstofbudget van selenium voor België.....	77
Figuur 69	Grondstofbudget van tellurium voor België.....	77
Figuur 70	Grondstofbudget van terbium voor België.....	77
Figuur 71	Grondstofbudget van zilver voor België	78

Lijst van tabellen

Tabel 1	Wereldwijde productie van de geselecteerde grondstoffen (in tonnen - 2018).....	40
Tabel 2	Productielocaties windturbines van grootste Westerse producenten.....	48
Tabel 3	Politieke stabiliteit in productielanden van mineralen (2017).....	56
Tabel 4	HS-codes uit Eurostat per mineraal	68
Tabel 5	Grondstofreserves per land (in tonnen - 2018)	71
Tabel 6	<i>Resources</i> geselecteerde grondstoffen (2018)	72
Tabel 7	Grondstofvoorraden per land (in 1.000 ton- 2016).....	74
Tabel 8	Boor-import naar België (in tonnen – 2018).....	79
Tabel 9	Cadmium-import naar België (in tonnen – 2018).....	79
Tabel 10	Importcategoriën die cadmium bevatten naar België (in tonnen – 2018).....	79
Tabel 11	Indium-import naar België (in tonnen – 2018).....	80
Tabel 12	Kobalt-import naar België (in tonnen – 2018)	80
Tabel 13	Kobalthalffabrikaten en verwerkte kobalt-import naar België (in tonnen – 2018).....	80
Tabel 14	Lithium-import naar België (in tonnen – 2018)	81
Tabel 15	Selenium-import naar België (in tonnen – 2018).....	81
Tabel 16	Tellurium-import naar België (in tonnen – 2018)	81
Tabel 17	Selenium of tellurium gewonnen zouten:-import naar België (in tonnen – 2018).....	81
Tabel 18	Gebruikt zilver:-import naar België (in tonnen – 2018)	82
Tabel 19	Lithiumcellen, -batterijen en -accumulators-import naar België (in tonnen – 2018).....	82

Samenvatting

De energietransitie die België moet uitvoeren voor de klimaatdoelstellingen van Parijs vraagt om een toenemende exploitatie van grondstoffen. Die grondstoffen zijn nodig voor de constructie van windmolens, zonnepanelen en elektrische auto's. Lithium-ion batterijen in elektrische auto's bevatten onder andere lithium en kobalt. Zonnepanelen bevatten boor, cadmium, indium, gallium, selenium, tellurium en zilver.

Deze grondstoffen zijn niet onbeperkt voorradig. Om in 2050 aan de doelstellingen van het Klimaatakkoord van Parijs te voldoen en een duurzame energievoorziening en een duurzame mobiliteit in België mogelijk te maken, moet er rekening worden gehouden met grondstofschaarste. Ook moet er rekening worden gehouden met de sociale- en milieu-impact van het delven van de benodigde grondstoffen.

Grondstoffenvraag energietransitie

In dit onderzoek is de Belgische grondstoffenvraag berekend volgens de scenario's voor de duurzame energietransitie afkomstig uit een studie van VITO/Federaal Planbureau/ICEDD. Hier worden drie scenario's voorgesteld waarbij 100% hernieuwbare energie wordt aangewend in 2050. In deze scenario's wordt niet alleen de huidige elektriciteitsproductie wordt meegenomen, maar ook andere vormen van primair energiegebruik zoals voor verwarming en transport. De drie scenario's zijn:

- **DEM-scenario:** in dit scenario stijgen de energieprijzen als gevolg van het tekort aan lokale energiebronnen die verondersteld worden om de energieproductie helemaal voor hun rekening te nemen;
- **PV-scenario:** in dit scenario worden fotonvoltaïsche zonnepanelen op een grote schaal gebruikt voor energieopwekking door ze op een grote oppervlakte te plaatsen; en
- **WIND-scenario:** het potentieel van onshore en offshore wind wordt in dit scenario gevoelig verhoogd.

Op basis van het populatie-aandeel in de wereldbevolking bepaalt deze studie een fair 'budget' dat kan gebruikt worden tijdens de Belgische energie- en mobiliteitstransitie. Is het huidige productieniveau voldoende om aan de vraag te voldoen?

Bij boor lijkt het mogelijke productieniveau in 2030 geen problemen te gaan opleveren. Bij indium, neodymium, praseodymium, selenium, tellurium en terbium moet de productie enorm verhoogd worden om in 2030 aan de jaarlijkse vraag te kunnen voldoen.

De zeldzame aardmetalen dysprosium, neodymium, praseodymium en terbium zijn weliswaar in vele landen aanwezig, maar de winning van deze grondstoffen is vaak niet economisch rendabel. Daarbij wordt de winning van zeldzame aardmetalen ernstig gehinderd door de sociale- en milieu-impact die ermee gepaard gaat. Met name in China, momenteel de belangrijkste producent van zeldzame aardmetalen, vervuult de mijnbouw het grondwater en belangrijke waterwegen. Deze milieuvervuiling heeft grote invloed op de volksgezondheid.

Tussen de drie scenario's is er wel verschil in de grondstofvraag en de mogelijke tekorten. Met name in het PV-scenario kunnen er in 2050 grote tekorten aan de benodigde grondstoffen ontstaan omdat fotonvoltaïsche zonnepanelen op grote schaal gebruikt zullen worden voor energieopwekking.

In het DEM-scenario, een scenario waarbij de marktprijzen zich aanpassen om zo te leiden tot een lagere energievraag, is de algemene vraag naar grondstoffen het laagst. Desalniettemin moet ook hier de kanttekening worden gemaakt dat het scenario substantiële socio-economische gevolgen kan hebben. Zo kunnen gezinnen met beperkte koopkracht een verdere erosie ervaren van deze koopkracht en wordt het voor bedrijven duurder om in België te produceren. Dit zou gecorrigeerd kunnen worden door sterke inzet op energie-efficiëntie en vermindering en met sociale correcties via belastingvoordeel of subsidies voor gezinnen met een beperkte koopkracht. Het is ook aan te bevelen om verder onderzoek te doen naar een scenario waarin zowel de grondstoffenvraag laag is als de sociale gevolgen positief zijn.

Een scenario waarbij vooral wordt ingezet op zonne-energie (het PV-scenario) leidt tot een aanzienlijke toename in de vraag naar cadmium, gallium, indium, selenium, tellurium en ten slotte zilver. Echter, alle van deze grondstoffen met uitzondering van zilver worden aangewend in dunne film zonnepanelen. Zilver wordt dan weer voornamelijk gebruikt in de meer populaire kristallijne zonnepanelen. Dit benadrukt dat de keuze van de types zonnepanelen tevens van belang zijn en tevens onderhevig zullen zijn aan technologische ontwikkelingen.

Het derde scenario, waarbij windenergie een dominante plek inneemt, heeft vooral grondstoffen nodig voor de permanente magneten in de windturbines, namelijk neodymium, praseodymium, terbium en boor. Voor boor en terbium lijkt er weinig potentieel tot het terugwinnen van de relevante grondstoffen. Ondanks de onzekere economische haalbaarheid is de recyclage van de grondstoffen uit de specifieke applicaties waarin de grondstoffen zijn toegepast een manier om de materiaal voetafdruk aanzienlijk te verminderen.

Grondstoffenvraag duurzame mobiliteit

In dit onderzoek is de grondstoffenvraag voor duurzame mobiliteit berekend volgens twee scenario's die gebaseerd zijn op het rapport van het Steunpunt Circulaire Economie. De twee scenario's zijn:

- **Technofix-scenario (TEC):** dit scenario veronderstelt dat er tegen 2030 enkel elektrische voertuigen verkocht worden. De lineaire toename begint in 2020 en in 2030 zijn 100% van de nieuw verkochte voertuigen elektrische voertuigen met batterij; en
- **Circulair Klimaatscenario (CCS):** in dit scenario is er een drastisch toegenomen bezettingsgraad door het implementeren van circulaire strategieën (autodelen, ritdelen) om de klimaatdoelstelling in 2030 te bereiken..

Bij kobalt, koper, lithium en nikkel moet de productie enorm verhoogd worden om in 2030 aan de jaarlijkse vraag te kunnen voldoen. Daarbij moet er voor de kobalt- en lithiumreserves rekening mee worden gehouden dat de productie niet eenvoudig opgeschaald kan worden, omdat de winning van deze grondstoffen ernstig gehinderd wordt door de sociale- en milieu-impact die ermee gepaard gaan. Om lithium te winnen is water nodig, terwijl de belangrijkste lithiumproducenten in Zuid-Amerika te lijden hebben onder waterschaarste. Kobalt wordt voornamelijk gewonnen in de Democratische Republiek Congo in een gebied dat rijk is aan biologische diversiteit. De arbeidsomstandigheden in de kobaltmijnbouw zijn zeer slecht en kinderarbeid is een veevoorkomend probleem.

Het TEC-scenario, waarbij uitsluitend wordt gekeken naar het maken van de overstap naar elektrische auto's, gaat gepaard met een aanzienlijke materiaalvraag. Enkele kritieke metalen zoals kobalt en lithium zijn van groot belang voor de Li-ion batterijen waar nu nog mee gewerkt wordt, waardoor een toekomst met uitsluitend elektrische voertuigen leidt tot een enorme toename in de vraag van deze grondstoffen. Indien er meer wordt ingezet op het verhogen van de huidige bezettingsgraad van voertuigen door het verhogen van bijvoorbeeld autodelen, kan de cumulatieve vraag naar deze grondstoffen worden beperkt.

Sociale- en milieu-impact van de energietransitie

Mijnbouwactiviteiten hebben een grote impact op het milieu en de leefomstandigheden van werknemers en omwonenden. Dit geldt niet alleen voor de activiteiten die op grote schaal nodig zijn om fossiele brandstoffen als olie, gas en kolen te winnen, maar ook voor de grondstoffen die nodig zijn voor de energietransitie. Het delven van de mineralen die voor de energietransitie nodig zijn gaat regelmatig gepaard met arbeidsrechtenschendingen, landroof, waterschaarste, milieuvervuiling, politieke instabiliteit en sociale conflicten.

- *Arbeidsrechten:* het aantal en percentage dodelijke ongelukken, verwondingen en ziektes in de mijnbouwsector is erg hoog. Beschermende kleding en materialen zijn niet altijd beschikbaar en veiligheidsprotocollen worden niet altijd nageleefd. Gedwongen arbeid en kinderarbeid komt nog veel voor in de mijnbouwsector. Vakbonden worden regelmatig onderdrukt door mijnbouwbedrijven;
- *Landroof:* als de vraag naar grondstoffen voor de energietransitie toeneemt, dan zullen er nieuwe mijnen aangelegd moeten worden in gebieden die nu nog gevrijwaard zijn van mijnbouw. Stukken land worden door overheden en bedrijven van bewoners afgenomen zonder hun instemming en zonder compensatie. Het betreft vaak land van inheemse volkeren. Deze gemeenschappen zijn voor hun economische en sociale activiteiten afhankelijk van het land waar zij al eeuwen wonen. In 2018 werden wereldwijd 43 activisten vermoord vanwege hun verzet tegen activiteiten van de mijnbouwsector;
- *Waterschaarste:* waterschaarste is één van de dringendste problemen in de mijnbouwindustrie. Als er onvoldoende water beschikbaar is, dan kunnen de grondstoffen die benodigd zijn voor de energietransitie niet gewonnen worden. Indien mijnbouw plaatsvindt in gebieden waar water niet overvloedig voorradig is, dan kan het grote gevolgen hebben voor de beschikbaarheid van schoon drinkwater, water voor landbouw en andere economische activiteiten;
- *Milieuvervuiling:* mijnbouw is over het algemeen een vervuilende activiteit, die de bodem-, lucht- en waterkwaliteit aantast. Destructie van natuurlijke leefomgevingen, ontbossing, vervuiling en bodemerosie zijn veelvoorkomende gevolgen van mijnbouw; en
- *Politieke instabiliteit en sociale conflicten:* mijnbouw is van grote invloed op de macro-economische ontwikkeling van landen met een instabiel politiek systeem of instabiele rechtsstaat, omdat de winning van grondstoffen kan leiden tot corruptie en een intransparante en ongelijke verdeling van de opbrengsten. Maar liefst 61% van de kobalt wordt gewonnen in de extreem onstabiele DRC. En 3% van het gallium en 1% van het zilver wordt gewonnen in extreem onstabiele landen. De andere mineralen die voor de energietransitie en duurzame mobiliteit van belang zijn, worden niet of voor minder dan 1% gewonnen in extreem onstabiele landen. Dat neemt niet weg dat voor zeven van de negen mineralen waar data voor is, een groot gedeelte van de productie plaatsvindt in landen die onstabiel of extreem onstabiel zijn. Alleen bij lithium vindt vrijwel de gehele productie plaats in redelijk stabiele landen. Maar

daarbij vinden wel lokale mijnbouwconflicten plaats in redelijk stabiele landen als Canada, Ghana, Servië en de Verenigde Staten. Het gaat hierbij vaak om een nationale overheid die belangen en rechten van lokale gemeenschappen of individuen niet voldoende respecteert.

Aanbevelingen

De energietransitie en de overstap op duurzame mobiliteit zijn noodzakelijk om aan de doelstellingen van het Klimaatakkoord van Parijs te voldoen. Bij het bereiken van dit doel moet er echter voldoende rekening gehouden worden met ongewenste bijeffecten. Net als bij de mijnbouw voor niet-hernieuwbare energie en fossiele brandstoffen, is het van groot belang om naar de sociale- en milieu-impact van het delven van grondstoffen te kijken. Daarbij is de voorraad van de benodigde grondstoffen niet oneindig.

Op basis van dit onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan over de grondstoffenvraag voor de Belgische energietransitie en overstap naar duurzame mobiliteit:

1. De Belgische overheid kan de berekeningen van de grondstofvraag en de verwachte grondstoffenschaarste in de verschillende scenario's gebruiken om het beleid ten aanzien van de energietransitie bij te sturen. Een dergelijke inschatting van de grondstofvraag kan onderdeel zijn van de klimaatplannen. Daarbij is het nuttig om in te zetten op de types zonnepanelen en windturbines die de kleinste grondstofvraag hebben. Dit is ook relevant voor het beperken van prijsstijgingen van de relevante grondstoffen. Deze prijsstijgingen kunnen ook de transitie naar duurzame energie in ontwikkelingslanden ondermijnen. In deze landen zijn er opportuniteiten om tegemoet te komen aan de toename in de vraag naar elektriciteit door direct naar duurzame energiebronnen over te gaan. Echter, ongelijke verdeling van de reserves kan betekenen dat deze landen uitgesloten worden, waardoor ze op koolstof-intensieve methodes moeten terugvallen;
2. Deze studie steunt uitsluitend op de huidige beschikbare technieken en de inschatting van efficiëntieverbeteringen van deze toepassingen. Het is zeer realistisch dat nieuwe technieken ontwikkeld zullen worden. Deze technieken zullen de vraag naar duurzame energie-applicaties als windturbines en zonnepanelen beïnvloeden en eveneens de vraag naar materialen gelinkt aan de elektrificatie van het wagenpark. In dit kader is het aangewezen dat vanuit beleidsperspectief ook in de toekomst niet uitsluitend wordt gekeken naar de directe impact op de vermindering van de koolstofvoetafdruk door de specifieke applicaties, maar eveneens de materiaalvraag gebonden aan de applicaties;
3. Voor alle grondstoffen zou gedetailleerd in kaart moeten worden gebracht waar België het vandaan importeert. Om de negatieve sociale- en milieu-impact van de grondstofwinning zo klein mogelijk te houden, zou het goed zijn om de bestaande regelgeving¹ over het inkoopbeleid van producenten van zonnepanelen, windturbines en batterijen voor elektrische auto's verder uit te breiden, op basis van internationaal erkende standaarden als de OECD Guidelines for Multinational Enterprises en de United Nations Guiding Principles on Business and Human Rights, alsmede de internationale initiatieven die de EU promoot ten aanzien van verantwoorde inkoop van grondstoffen.²
4. De Belgische overheid kan respect voor mensenrechten en het milieu in de volledige toeleveringsketen van grondstoffen en andere producten gerelateerd aan de energietransitie garanderen door in te zetten op nationale en internationale regelgeving die bedrijven een zorgplicht oplegt.

5. Voor alle relevante grondstoffen moet er volop ingezet worden op recycling. Het recyclen van gebruikte apparatuur is veel minder vervuilend en heeft een veel kleinere ecologische impact dan het winnen van nieuwe grondstoffen. Daarbij zijn de wereldwijde reserves lang niet altijd voldoende om de volledige vraag voor het produceren van nieuwe producten op te vangen. Dit betekent dat er nood is aan een effectief recyclagesysteem dat tegelijkertijd succesvol al de applicaties die zijn gefaald, inzamelt en daarnaast optimaal recycleert. De economische haalbaarheid van de recyclage van sommige grondstoffen is soms beperkt, verdere technologische ontwikkelingen alsook de optimale herinschakeling van de gerecycleerde grondstoffen kan de economische haalbaarheid verbeteren en zo de druk op ontginnende landen verminderen;
6. De scenario's voor mobiliteit tonen aan dat oplossingen niet alleen moeten gezocht worden in nieuwe technologieën inschakelen voor energie-generatie en elektrificatie van het wagenpark, maar dat ook gewijzigde consumptiemodellen belangrijk kunnen zijn in het verminderen van de druk van de vraag naar grondstoffen. Beleid kan in deze zin een belangrijke sturende rol spelen;
7. De mogelijkheid om grondstofreserves te winnen is van vele macroeconomische en politieke factoren afhankelijk, waaronder:
 - technologische ontwikkelingen;
 - het prijsniveau van grondstoffen en energie;
 - de gevolgen voor mens en milieu;
 - de politieke stabiliteit in het land waar de grondstof gewonnen wordt; en
 - handelsrelaties met de producerende landen.

Het Belgische beleid omtrent de energietransitie zal met deze factoren rekening moeten houden. Het verdient daarom aanbeveling om regelmatig het beleid en de uitvoering daarvan te toetsen aan deze maatschappelijke ontwikkelingen.

Inleiding

De roep om een ambitieuzer en rechtvaardig klimaatbeleid klinkt steeds luider. De weg naar een koolstofarme samenleving is ingezet. De transitie naar een koolstofarme samenleving in België moet rechtvaardig en zo grondstofarm mogelijk verlopen.

Om dat waar te maken is allereerst een helder inzicht nodig in de behoefte aan metalen voor de productiecapaciteit van duurzame energie en mobiliteit in België. De energietransitie die België moet uitvoeren voor de klimaatdoelstellingen van Parijs vraagt om een toenemende exploitatie van grondstoffen. Die grondstoffen zijn nodig voor de constructie van windmolens, zonnepanelen en elektrische auto's. Lithium-ion batterijen in elektrische auto's bevatten onder andere lithium en kobalt. Zonnepanelen bevatten boor, cadmium, indium, gallium, selenium, tellurium en zilver.

Niet elke weg naar 100% hernieuwbare energie en duurzame mobiliteit is de juiste.

Mijnbouwactiviteiten hebben een grote impact op het milieu en de leefomstandigheden van werknemers en omwonenden. Dit geldt niet alleen voor de activiteiten die op grote schaal nodig zijn om fossiele brandstoffen als kolen en gas te winnen, maar ook voor de grondstoffen die nodig zijn voor de energietransitie. Dit onderzoek draagt bij aan het bepalen van de noodzakelijke voorwaarden in het Belgisch, Europees en internationaal beleid voor een energietransitie zonder verliezers.

In dit onderzoek heeft de Vlaamse onafhankelijke onderzoeksorganisatie VITO berekend wat de onderliggende materiaalnoden zijn die verbonden zijn aan deze overgang. De resultaten hiervan zijn te vinden in Hoofdstuk 2.

Het Nederlandse onafhankelijke onderzoeksbureau Profundo heeft vervolgens voor de relevante mineralen in kaart gebracht welke landen de grondstoffen produceren (Hoofdstuk 3) en welke landen deze grondstoffen naar België exporteren (Hoofdstuk 4).

In Hoofdstuk 5 zijn de sociale- en milieuproblemen beschreven die gepaard gaan met de winning van grondstoffen die benodigd zijn voor de energietransitie.

In Hoofdstuk 6 wordt de vraag beantwoord of er aan de grondstofvraag kan worden voldaan. Hoofdstuk 7 staan de conclusies ten aanzien van de grondstoffenvraag. In sectie 7.2 staan de aanbevelingen van de onderzoekers.

De methodologie is beschreven in Hoofdstuk 1.

Een samenvatting van de resultaten van dit onderzoek vindt u op de eerste pagina's van dit rapport.

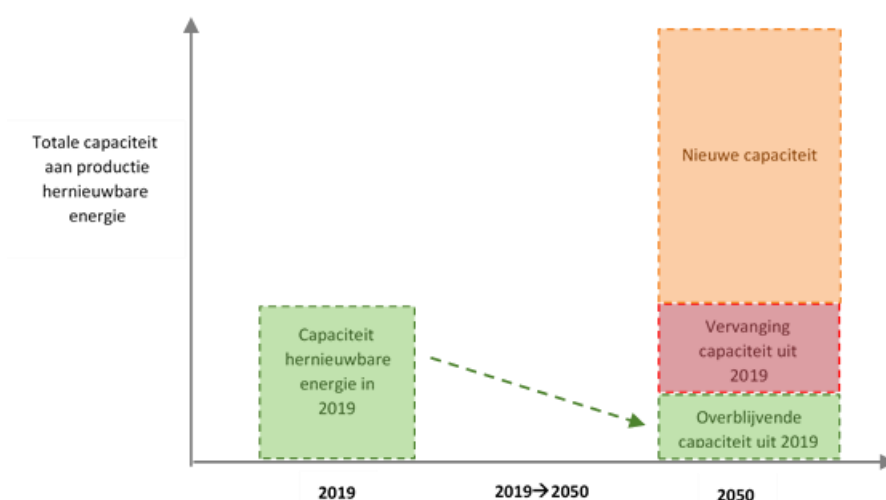
Hoofdstuk 1 Onderzoeksmethodologie en bronnen

In deze studie concentreren we ons op de grondstoffenvraag die kan verbonden worden aan de Belgische energietransitie en de verduurzaming van de mobiliteit. In deze sectie beschrijven we welke data werden gebruikt en hoe, voor elk van deze twee transities, we de grondstofvraag berekenen. Een belangrijk startpunt in de analyse voor beide aspecten is het kiezen van duidelijke referentiescenario's uit onderbouwd onderzoek die kunnen doorgerekend worden. Deze scenario's geven dan aan hoeveel energie er wordt gegenereerd via elk type van hernieuwbare energieapplicatie en hoeveel auto's er jaarlijks zullen verkocht worden van de verschillende type voertuigen. In beide gevallen bekijken we het traject tot het jaar 2050 en in beide gevallen worden er geen fossiele brandstoffen meer aangewend in 2050.

Concreet concentreren we ons op enkele hernieuwbare energie applicaties waarvan geweten is dat kritieke metalen belangrijk zijn in hun samenstelling, zoals zonnepanelen en onshore en offshore windturbines. Op basis van de literatuur weten we dan hoeveel kilogram van elk kritiek metaal noodzakelijk is per MW capaciteit. Voor de auto's nemen we alle autotypes mee, maar voor de kritieke metalen zijn voornamelijk de elektrische voertuigen van doorslaggevend belang.

Door deze gegevens te combineren omtrent de compositie en de scenario's kan een eerste inschatting worden gemaakt met betrekking tot de totale noodzaak aan materialen. Dit zou echter geen rekening houden met de levensduur van de verschillende hernieuwbare energieapplicaties en voertuigen. Zo hebben zonnepanelen een gemiddelde levensduur van 30 jaar, windturbines een gemiddelde levensduur van 20 jaar en persoonsvoertuigen een gemiddelde levensduur van ongeveer 15 jaar. Dit betekent dat een aanzienlijk deel van de voertuigen die nu worden verkocht en van de capaciteit aan duurzame energieopwekking die nu reeds aanwezig is, niet meer zal functioneren in 2050. Er moet met andere woorden rekening worden gehouden met de vervanging van capaciteit en voertuigen die niet meer kunnen gebruikt worden tussen nu en 2050. In dit kader maken wij gebruik voor dit onderzoek van een levensduurvoorspellingsmodellen die statistische kansverdelingen hanteren om te schatten wanneer welke applicaties of voertuigen technisch niet meer bruikbaar zullen zijn. Zo weten we ook hoeveel extra vermogen aan energie en extra persoonsvoertuigen nodig zijn om de afgedankte applicaties en voertuigen te vervangen. Dit gaat op zijn beurt wederom gepaard met een materiaalvoetafdruk. De levensduur van de applicaties en voertuigen dus niet meenemen in de berekeningen, zou leiden tot een onderschatting van de materiaalnoodzaak. Een hypothetisch voorbeeld wordt weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 Totale capaciteit aan productie hernieuwbare energie



Concreet maken we gebruik van Weibull-voorspellingsmodellen. Deze modellen worden in de wetenschappelijke literatuur frequent gebruikt om een inschatting te verkrijgen van de technische falen van een bepaalde applicatie. Op basis van empirische data werden de nodige parameters van deze verdeling geschat in de wetenschappelijke literatuur. Zo verzekeren we dat de inschatting van de nood aan vervanging aan vermogen berust op gefundeerde cijfers. Noteer dat deze methodologie dus niet ervan uitgaat dat een bepaalde applicatie na zijn gemiddelde levensduur sowieso wordt vervangen. De statistische verdeling gaat er echter van uit dat er dan de hoogste kans is dat de applicatie zal moeten vervangen worden. Het kan echter ook dat een specifieke applicatie of voertuig sneller of trager aan vervanging zal toe zijn.

Bij de afdanking van het materiaal is er ook een mogelijkheid om bepaalde kritieke grondstoffen via recyclage te recupereren. Zo wordt alsnog vermeden dat deze grondstoffen moeten ontijd worden. Op basis van de academische literatuur hebben we daarom ook inschattingen bekomen omtrent de mogelijke recyclage-efficiëntie van elk type materiaal. Voor zowel de recyclage van voertuigbatterijen (waar de kritieke metalen die we in deze studie bekijken zich bevinden) en de recyclage van zonnepanelen en windturbines is recyclage doorgaans nog niet op industriële schaal georganiseerd en is het daarom nog onzeker wat de werkelijke recyclage-efficiënties zullen zijn. Bovendien is het economisch niet altijd rendabel om de grondstoffen terug te winnen. Met andere woorden, de maximale recyclage-efficiëntie die op dit moment voor elk materiaal in de literatuur wordt gerapporteerd wordt aanzien als een optimaal resultaat. Zo rapporteren we altijd een interval van de grondstoffenvraag. Daarbij is de bovengrens van de vraag naar een bepaalde grondstof bepaald door uitsluitend te kijken naar de totale grondstoffenvraag, terwijl de ondergrens ermee rekening houdt dat hetgeen gerecycleerd wordt uit applicaties die het einde van hun leven bereiken, leidt tot minder vraag naar de specifieke grondstof. We bekomen dus een vork aan schattingen van de vraag naar materialen als gevolg van de duurzame energietransitie en de transitie naar duurzame mobiliteit.

We berekenen de hoeveelheid recycalaat door te kijken naar de capaciteit van elke applicatie die faalt in een gegeven jaar en de hoeveelheid grondstoffen die er nodig waren in het bouwjaar om die capaciteit te construeren. Vervolgens wordt dit in mindering gebracht van de huidige vraag naar een bepaalde grondstof ten gevolge van het vervangen van de weggevalen capaciteit en het toevoegen van nieuwe capaciteit. Zo houden we dus rekening met het feit dat voor het genereren van een zelfde eenheid aan vermogen historisch meer grondstoffen nodig waren, terwijl er in de toekomst minder grondstoffen voor zullen nodig zijn.ⁱ

In wat volgt bespreken we elk van de luiken, nl. de energietransitie met daarin de focus op zonnepanelen en windturbines als applicaties die vooral kritieke metalen nodig hebben, enerzijds, en de duurzame mobiliteit, anderzijds. De scenario's en de gebruikte databronnen worden duidelijk gerapporteerd.

1.1 Materialen in de energietransitie

1.1.1 Databronnen

De aangroei van de capaciteit van zon- en windenergie tot 2018 is beschikbaar uit de verschillende windenergie en zonne-energie barometers van EURobserv'ER. Op deze manier weten we wat de historische evolutie was van deze technieken in België. Noteer dat dit kan gebruikt worden in het model om te berekenen hoeveel capaciteit er in de toekomst wegvalt van de capaciteit aan hernieuwbare energie die op dit moment reeds aanwezig is.

De belangrijkste kritieke grondstoffen voor de energietransitie worden voornamelijk toegepast bij zonnepanelen en windturbines, vandaar dat we onze aandacht uitsluitend aan deze applicaties besteden. Concreet bekijken we drie verschillende soorten zonnepanelen (Silicium, CIGS, CdTe), twee soorten onshore windturbines (direct drive en hoge snelheid windturbine) en twee soorten offshore windturbines (direct drive en gemiddelde snelheid windturbine).

Bij de zonnepanelen hebben momenteel de kristallijne zonnepanelen het grootste marktaandeel, met een geschat internationaal marktaandeel van ongeveer 90 percent. Deze zonnepanelen zijn tevens de oudste zonnepanelen technologie en komen op de Belgische markt ook voornamelijk voor in de mono- en de polykristallijne vorm. Op basis van literatuuronderzoek werd data gevonden omtrent de huidige samenstelling van de verkoop van zonnepanelen per type³ en een samenstelling in 2050 op basis van de mening van relevante experts.⁴ De projecties over toekomstige marktaandelen zijn nagenoeg ongewijzigd in deze literatuur ten opzichte van de huidige marktsituatie. Deze instandhouding van de marktaandelen is voornamelijk een gevolg van het groot onbenutte potentieel dat verbonden is aan elk van de technologieën.

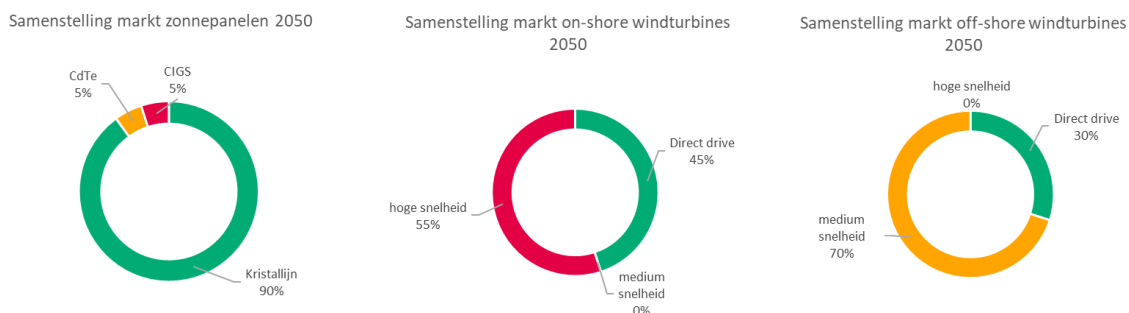
Bij de windturbines wordt een toekomst voorspeld waarbij de turbines uitsluitend uitgerust zijn met permanente NdFeB (neodymium, ijzer, boor) magneten. Deze turbines zijn efficiënter dan

ⁱ We gaan er hierbij vanuit dat het recycalaat als perfect substituut optreedt voor de ontmijnde grondstof. Dit is echter niet gegarandeerd. Het recycalaat kan echter wel dienen ter vervanging van de ontmijnde grondstof in een andere toepassing, en dus zo algemeen tot minder vraag leiden naar de specifieke grondstof.

gearbox windturbines aangezien ze toelaten dat er grotere en zwaardere rotorbladen kunnen worden aangewend.

Voor de doeleinden van onze analyse werd de materiaalintensiteit van elk van de applicaties lineair geïnterpoleerd tussen 2013 en 2030, enerzijds, en 2030 en 2050, anderzijds. Het onderscheid tussen de verschillende types zonnepanelen en windturbines is relevant voor de vraag naar metalen maar eveneens bijzonder onzeker gegeven mogelijke toekomstige ontwikkelingen voor de specifieke applicaties.

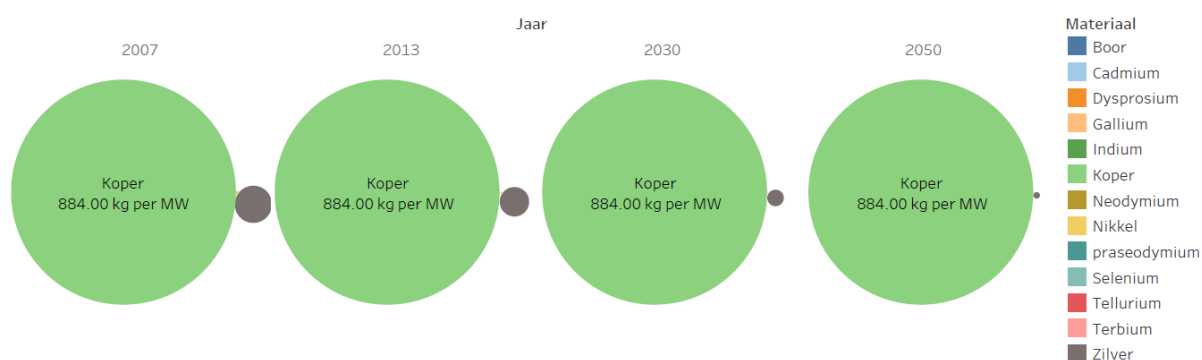
Figuur 2 Samenstelling markt voor zonnepanelen en windturbines



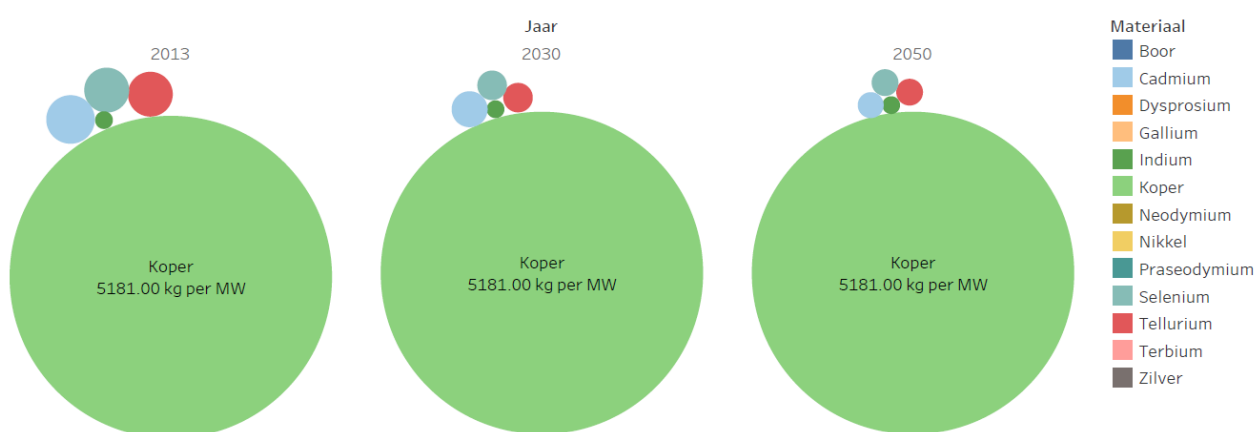
Voor het bepalen van de samenstelling werden de data uitgedrukt in kg/MW van capaciteit. Dit staat toe om de capaciteit in de scenario's direct te vertalen in het aantal grondstoffen die nodig zijn om deze capaciteit te bekomen. Omdat zonnepanelen en windturbines nog steeds technologisch geoptimaliseerd worden, zijn continu minder materialen nodig per MW aan capaciteit. Daarom bepalen we de massa per MW capaciteit op drie verschillende momenten in de tijd op basis van schattingen in de literatuur: in 2013, 2030 en 2050. De tussenliggende waarden worden lineair geïnterpoleerd. De materialencompositie van de duurzame energieapplicaties in gebruik genomen vóór 2013 wordt verondersteld gelijk te zijn aan de compositie van 2013 buiten voor de kristallijne zonnepanelen waarvoor we ook data in 2007 hebben. De exacte samenstelling wordt bepaald aan de hand van verschillende bronnen in de literatuur (Viebahn et al., 2013; Elshaki en Graedel, 2013; Månberger en Stenqvist, 2018, Davidsson en Höök, 2017; Moss et al., 2011).⁵ Onderstaande figuren geven een ruwe indruk van de hoeveelheid (uitgedrukt in kg per MW capaciteit) dat nodig is aan de verschillende metalen die worden onderzocht in het kader van dit onderzoek. Voor koper waren er geen bronnen beschikbaar omtrent de toekomstige hoeveelheid per MW capaciteit, daarom werd deze vanuit het voorzichtigheidsprincipe verondersteld gelijk te zijn over alle periodes.

Tot slot werd ook de maximale recyclage efficiëntie voor elk geselecteerde grondstof geselecteerd op basis van de wetenschappelijke literatuur (Dominguez en Geyer, 2019; Venkatesan, 2019).⁶ De modellering van de levensduur gebeurde op basis van gegevens van Faulstich et al. (2016) voor windturbines en Weckend et al. (2016) voor zonnepanelen.⁷

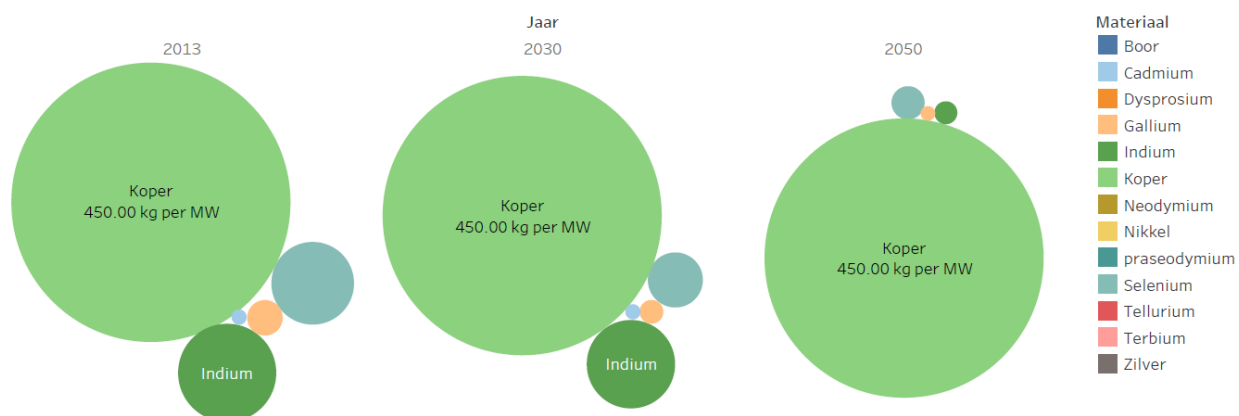
Figuur 3 Metalen in kristallijne zonnepanelen



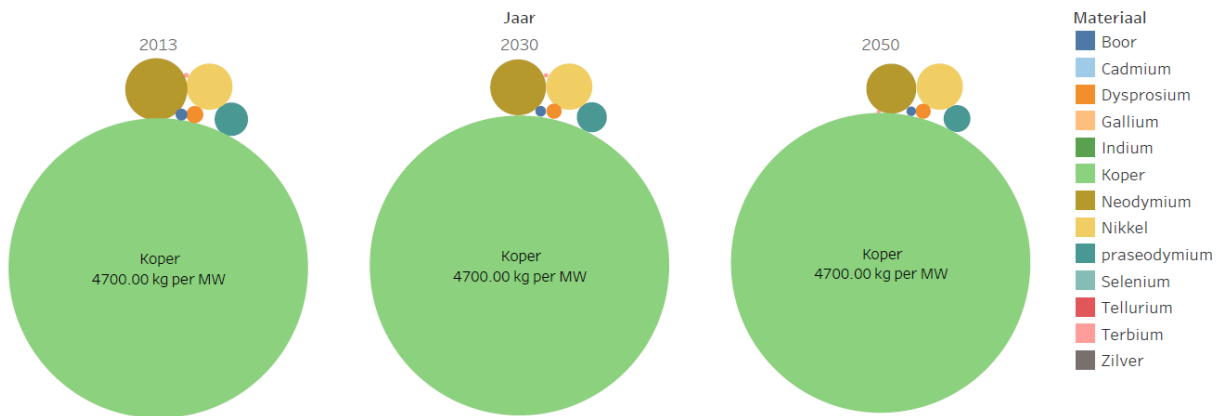
Figuur 4 Metalen in dunne film CdTe zonnepanelen



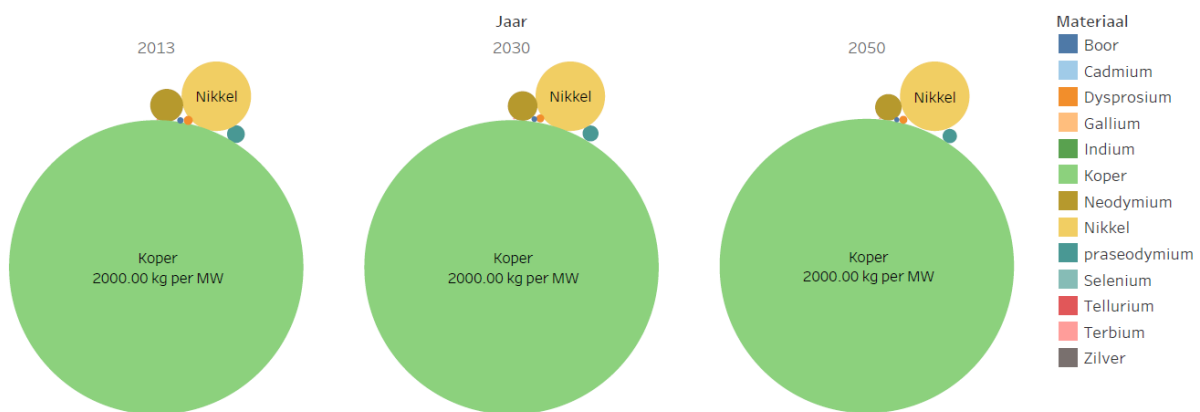
Figuur 5 Metalen in dunne film CIGS zonnepanelen



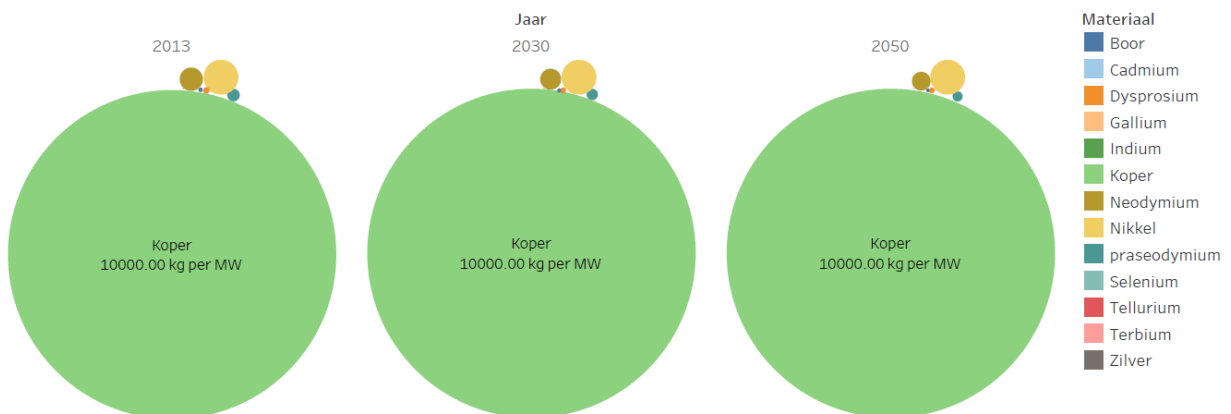
Figuur 6 Metalen in direct drive windturbine



Figuur 7 Metalen in hoge snelheid windturbine



Figuur 8 Metalen in medium snelheid windturbine



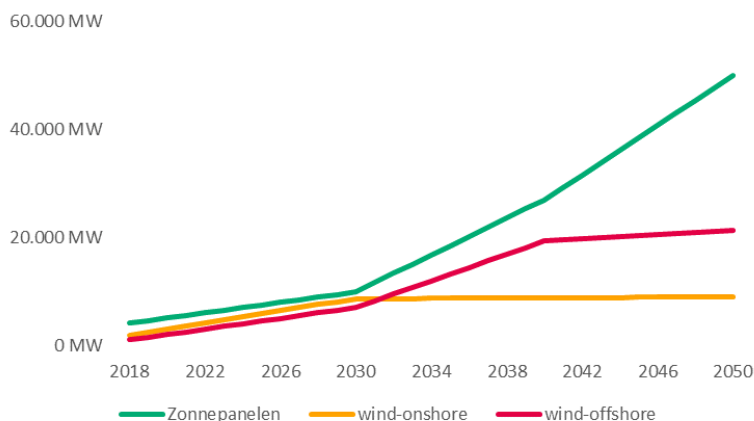
1.1.2 Scenario's

De scenario's voor de duurzame energietransitie zijn afkomstig uit een studie van VITO/Federaal Planbureau/ICEDD.⁸ Hier worden scenario's voorgesteld waarbij 100% hernieuwbare energie wordt aangewend in 2050. Dit betekent dat niet alleen de huidige elektriciteitsproductie wordt meegenomen, maar tevens ook andere vormen van primair energiegebruik zoals voor verwarming en transport. Indien uitsluitend wordt gekeken naar de huidige energievraag zonder rekening te houden met deze energiediensten die heden ten dage voornamelijk met fossiele brandstoffen worden vervuld, zou de benodigde capaciteit aan hernieuwbare energie aanzienlijk lager uitvallen en wordt de nood aan grondstoffen bijgevolg onderschat. Aangezien het moeilijk is te weten hoe de markt net zal evalueren worden drie verschillende uiteenlopende scenario's geselecteerd. Deze scenario's tonen een vrij breed spectrum van de mogelijke gevolgen van verschillende trajecten die zouden kunnen gekozen worden in de energietransitie, maar voor het uitgebreide detail verwijzen we naar de studies, maar de scenario's worden als volgt gedefinieerd.

- **DEM**

In dit scenario stijgen de energieprijzen als gevolg van het tekort aan lokale energiebronnen die verondersteld worden om de energieproductie helemaal voor hun rekening te nemen. Deze stijgende energieprijzen beïnvloeden op hun beurt de vraag naar energiediensten. Die vraag daalt tot een niveau wordt bereikt dat verenigbaar is met het Belgisch potentieel aan hernieuwbare energie en de 100% HEB-doelstelling. Dit scenario houdt dus een daling van de vraag naar energie in en wordt daarom gekozen als een scenario waarbij zowel vraag als aanbod zich aanpassen in de energietransitie. Hoewel dit scenario inhoudt dat de vraag naar energie en dus naar energieproducerende installaties minder drastisch zal stijgen, moet tevens worden rekening gehouden met het feit dat dergelijk scenario socio-economische gevolgen inhoudt. Zo kunnen gezinnen met beperkte koopkracht een verdere erosie ervaren van deze koopkracht en wordt het voor bedrijven duurder om in België te produceren. Dit zou gecorrigeerd kunnen worden door sterke inzet op energie-efficiëntie en vermindering en met sociale correcties via belastingvoordeel of subsidies voor gezinnen met een beperkte koopkracht. Het is ook aan te bevelen om verder onderzoek te doen naar een scenario waarin zowel de grondstoffenvraag laag is als de sociale gevolgen positief zijn..

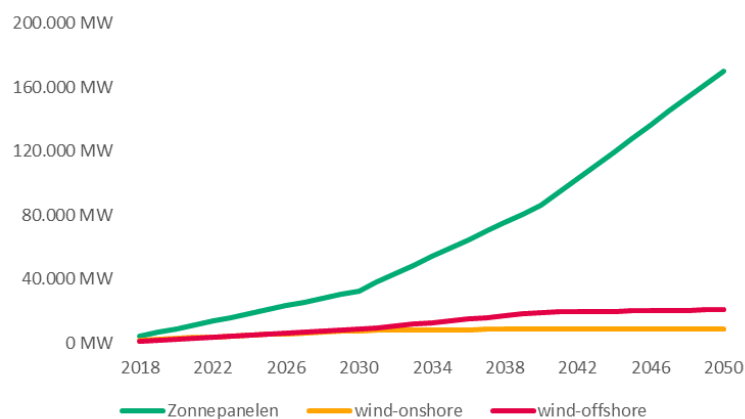
Figuur 9 Energieopwekking bij DEM-scenario



- **PV**

In dit scenario worden fotovoltaïsche zonnepanelen op een grote schaal gebruikt voor energieopwekking door ze op een grote oppervlakte te plaatsen. In eerste instantie impliceert dit dat alle bruikbare dakoppervlakte wordt aangewend voor de doeleinden van energieopwekking. Een groot nadeel van dit scenario is dat ook een aanzienlijk deel van de Belgische oppervlakte (met andere woorden parkings, parken, etc.) noodzakelijk is om voldoende energie uit zonnepanelen op te wekken om te voldoen aan de energievraag. Dit hypothetisch scenario heeft voornamelijk tot doel om na te gaan wat de implicaties zijn van een energietransitie waarvan de focus vooral op fotovoltaïsche zonnepanelen ligt.

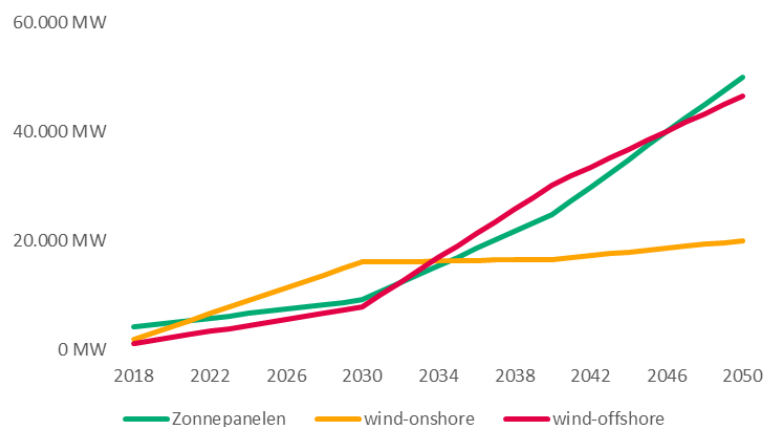
Figuur 10 Energieopwekking bij PV-scenario



- **WIND**

Het potentieel van onshore en offshore wind wordt in dit scenario gevoelig verhoogd. Zo zijn in het DEM en PV scenario het potentieel van onshore energieopwekking gelimiteerd tot 9GW en het offshore potentieel tot 8GW. Dit potentieel wordt uitgebreid door te veronderstellen dat er minder beperkingen opgelegd worden op de bouw van onshore windturbines en dat tevens kan gebruik gemaakt worden van de maritieme regio's van aangrenzende landen. In dit scenario zouden windturbines een meer uitgesproken aanwezigheid hebben in het Belgische landschap.

Figuur 11 Energieopwekking bij WIND-scenario



1.2 Materialen voor duurzame mobiliteit

1.2.1 Databronnen

Voor het modelleren van duurzame mobiliteit vallen we terug op een nieuw gecreëerd model dat gebaseerd is op een meer uitgebreid model dat VITO ontwikkelde in opdracht van OVAM voor het modelleren van de automarkt (OVAM, 2019).ⁱⁱ Het model bevat de verkoop van voertuigen sinds 1980 per type voertuig (verbrandingsmotor, hybride motor of elektrische motor), de gehele samenstelling van de voertuigen, de uitgebreide recyclage mogelijkheden en de internationale handelsmarkt. In tegenstelling tot de zonnepanelen en windenergie zijn er geen directe inschattingen beschikbaar rond de toekomstige aanwezigheid van kritieke metalen in elektrische auto's. Daarom veronderstellen we dat deze ongewijzigd blijft in de toekomstⁱⁱⁱ.

Voor dit onderzoek kijken we enkel naar de metalen Kobalt en Lithium^{iv} en wordt een nieuwe structuur aan het model toegevoegd om de toekomstscenario's te analyseren. Tot 2018 kende voertuigen een gestage stijging van het totale gewicht. We veronderstellen dat vanaf 2018 echter deze stijging tot stilstand komt en dat voertuigen hetzelfde gewicht blijven aanhouden. Hoewel er een uitgebreide handel bestaat in tweedehandsvoertuigen, veronderstellen we echter dat deze handel ophoudt na 2018. Concreet is deze handel zeer volatiel en is het onduidelijk of deze handel ook kan standhouden voor tweedehands elektrische voertuigen en hybride voertuigen, die gradueel een dominante rol opnemen in de scenario's. Het lijkt namelijk onwaarschijnlijk dat producenten geneigd zullen zijn om de batterijtechnologie weg te laten vloeien naar het buitenland terwijl deze naast recyclage voor de terugwinning van de kritieke metalen tevens kan verhandeld worden als stationaire batterij. Koper is ook aanwezig in andere onderdelen maar het eens de voertuigen geen batterijen meer bevatten is het onwaarschijnlijk dat de voertuigen nog verhandeld zullen worden. Daarnaast rapporteren we ook telkens onder- en bovengrenzen van de geschatte vraag naar een bepaalde grondstof in een bepaald scenario. De ondergrens is telkens het resultaat van de totale noodzaak aan nieuw ontmijnde grondstoffen na rekening te houden met de hoeveelheid grondstoffen dat beschikbaar is dankzij recyclage van oude, onbruikbare voertuigen, terwijl de bovengrens alleen kijkt naar de nood aan de bepaalde grondstof en veronderstelt dat recyclage niet plaatsvindt. Indien er toch handel zou plaatsvinden, dan zou de schatting ergens tussen deze twee grenzen liggen. Daarom is het abstractie maken van deze handel niet van impact voor de resultaten in onze analyse.

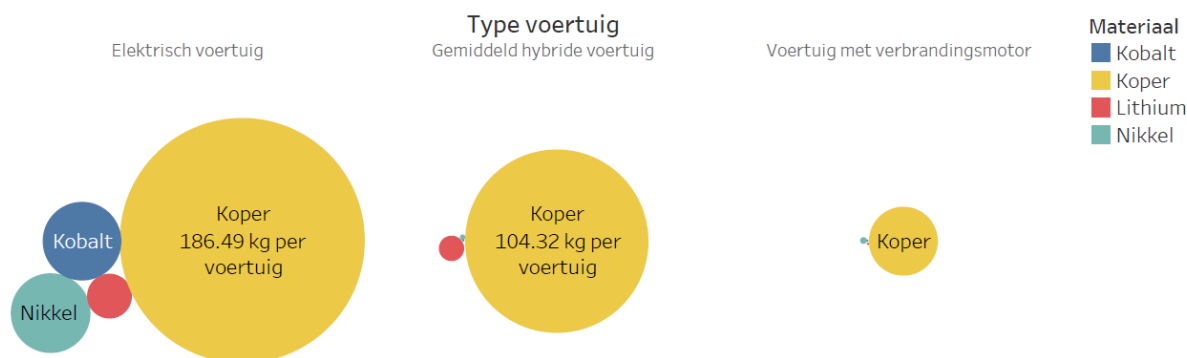
ⁱⁱ OVAM (2019). Voorraadbeheer Metalen: Resultaten uit het ELV model. Niet publiek beschikbaar.

ⁱⁱⁱ In werkelijkheid is dit afhankelijk van de ontwikkelingen in de batterijen. Het is waarschijnlijk dat tegen 2050 nieuwe generaties aan batterijen zullen worden ontwikkeld die bestaan uit andere soorten metalen. Echter, het is onmogelijk om hieromtrent inschattingen te doen gegeven de onzekerheid van hoe de nieuwe batterijen er zullen uitzien.

^{iv} Kobalt en Lithium zijn voornamelijk aanwezig in de Li-ion batterijen van elektrische voertuigen. Het is echter aannemelijk dat tijdens de gebruiksfase van een personenwagen, de batterij zal moeten vervangen worden teneinde het voertuig te blijven gebruiken. Echter, aangezien hiervoor veronderstellingen nodig zijn met betrekking tot het gebruik van het voertuig is dit niet mee opgenomen in het model.

In Figuur 12 wordt weergegeven hoeveel Kobalt en Lithium aanwezig is in een elektrisch voertuig.

Figuur 12 Lithium en kobalt in elektrische voertuigen



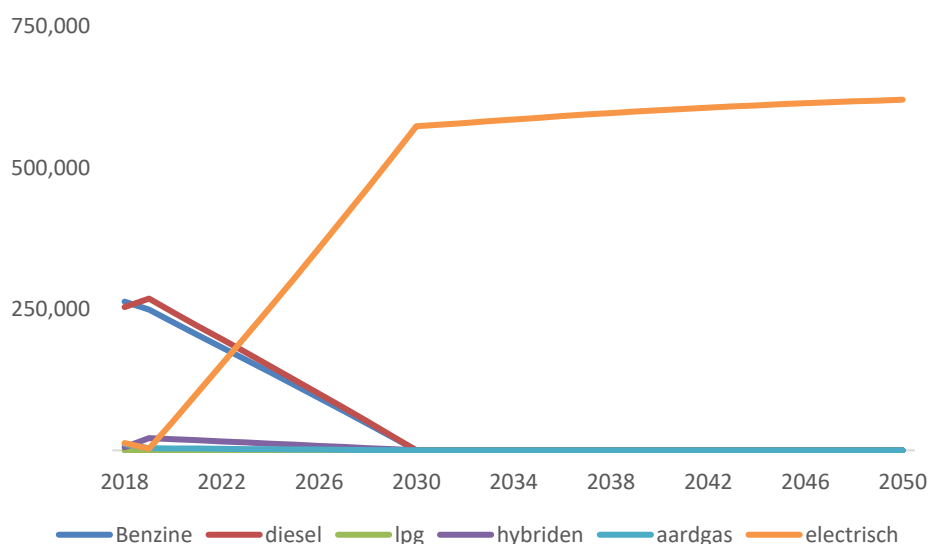
1.2.2 Scenario's

We definiëren twee scenario's die gebaseerd zijn op het rapport van het Steunpunt Circulaire Economie.⁹

- **Technofix scenario (TEC)**

Dit scenario veronderstelt dat er tegen 2030 enkel elektrische voertuigen verkocht worden. De lineaire toename begint in 2020 en in 2030 zijn 100% van de nieuw verkochte voertuigen elektrische voertuigen met batterij. Wij breiden dit scenario verder tot 2050 uit door te veronderstellen dat de vraag naar voertuigen toeneemt a rato van de voorspelde groei van de huishoudens in de Belgische economie.

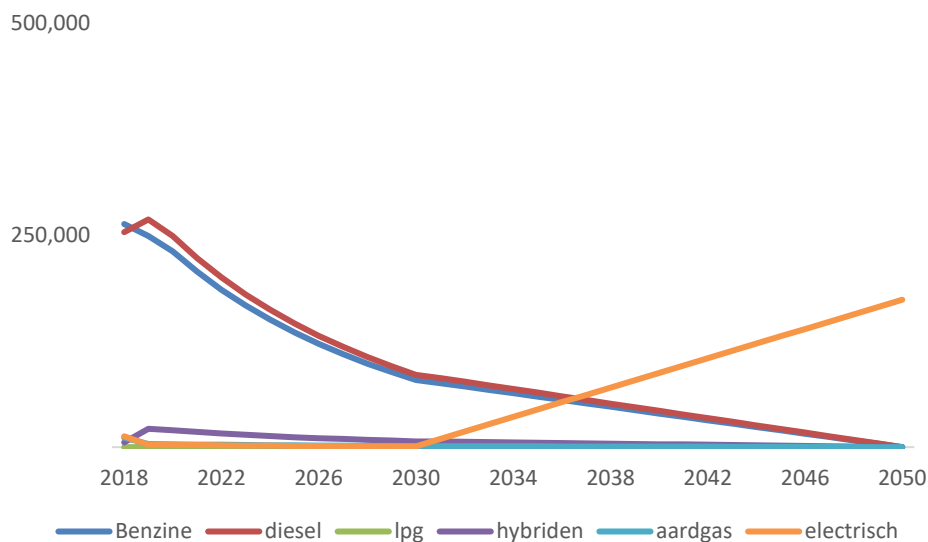
Figuur 13 Verkoop per type personenwagen in Technofix-scenario



- **Circulair Klimaatscenario (CCS)**

In dit scenario is er een drastisch toegenomen bezettingsgraad door het implementeren van circulaire strategieën (autodelen, ritdelen) om de klimaatdoelstelling in 2030 te bereiken. Dit scenario veronderstelt eveneens dat de klimaatdoelstelling voor personenvervoer over de weg bereikt wordt tegen 2030 (-51%). Bijkomende circulaire economie strategieën (autodelen, ritdelen enz.) worden geïmplementeerd om de inspanningen die aan de consumenten gevraagd worden te verminderen, ook al zal er een belangrijke verandering in gedrag nodig blijven. Tot 2030 wordt gebruik gemaakt van het oorspronkelijke CCS scenario, alwaar niet wordt verondersteld dat het marktaandeel van de verschillende types voertuigen drastisch zal wijzigen. Dit scenario wordt daarnaast uitgebreid door te veronderstellen dat ook hier het wagenpark aangroeit van 2030 tot 2050 a rato van de voorspelde groei van de Belgische huishoudens over dezelfde periode. Daarnaast evolueert het wagenpark naar uitsluitend elektrische voertuigen tegen 2050 om zo tot een koolstof-neutrale mobiliteit te komen.

Figuur 14 Verkoop per type personenwagen in Circulair Klimaatscenario



1.3 Productie

Voor de in secties 1.1 en 1.2 geselecteerde mineralen wordt in kaart gebracht welke landen de voornaamste bruikbare reserves bezitten en waar de winning van deze reserves het meest waarschijnlijk is (gebaseerd op trends en verwachtingen). Het gaat om de volgende dertien grondstoffen die van cruciaal belang zijn voor de energietransitie in België:^v

- Boor
- Cadmium;
- Dysprosium;
- Gallium;
- Indium;
- Kobalt;
- Koper
- Lithium;
- Neodymium;
- Nikkel
- Praseodymium
- Selenium;
- Tellurium;
- Terbium; en
- Zilver

Deze grondstoffen werden geselecteerd op basis van verschillende parameters. Allereerst werd gekeken naar die grondstoffen waarvan geweten is dat de energietransitie een grote druk zou stellen op de wereldvoorraden volgens eerdere studies rond de hernieuwbare energietransitie in andere landen (bv. Van Exter et al., 2018). Gezien de grote vraag zal de ontginning mogelijk gemakkelijker plaatsvinden in potentiële conflictgebieden ondanks de lokale instabiliteit. Tevens werd er ook rekening gehouden met enkele andere prominente grondstoffen zoals koper en nikkel, waarvan de voorraden minder onder druk komen te staan als direct gevolg van de energietransitie^{vi}, maar waarvan de ontginning tevens aan de basis ligt van conflicten. Hoewel deze lijst niet exhaustief is, werd tevens rekening gehouden met de data-beschikbaarheid. Zo werd altijd nagegaan dat verschillende betrouwbare bronnen beschikbaar waren om zo voldoende accurate schattingen te kunnen uitvoeren.

^v Koper en nikkel zijn gedurende het onderzoek aan de lijst toegevoegd. Daarom is de rapportage over deze grondstoffen minder gedetailleerd.

^{vi} Noteer dat deze grondstoffen ook uitgebreid worden gebruikt in andere toepassingen. Er is dus langs de ene kant een aanzienlijke 'urban mine' van oude toepassingen waarvan de koper en nikkel kunnen teruggewonnen worden, maar tegelijkertijd is het ook mogelijk dat de additionele vraag van de duurzame energietransitie toch druk uitoefent op de wereldvoorraden gezien de vele producten waarvoor de grondstoffen worden aangewend.

Voor de data over productie en reserves van de geselecteerde grondstoffen, hebben we drie bronnen geraadpleegd:

- De United States Geological Survey;¹⁰
- De British Geological Survey; en
- Het Oostenrijkse Ministerie van Duurzaamheid en Toerisme.

Deze bronnen worden aangeraden door de EU Science Hub van de Europese Commissie.¹¹ De gegevens van deze bronnen zijn niet geheel consistent. Na correspondentie met alle drie de organisaties hebben we besloten de gegevens van de United States Geological Survey te gebruiken. De organisaties geven alle drie goede redenen waarom de data afwijkt en stellen dat zij onderling de verschillen in methodes bespreken om de data zo accuraat mogelijk te krijgen. De meeste verschillen ontstaan door de beschikbaarheid van data op het moment van publicatie. Omdat de Amerikaanse bron ook gegevens over grondstofreserves bevat, hebben we gekozen voor het gebruik van de data van de United States Geological Survey.¹²

De data in dit rapport gaat over 2018. Als er voor een land of grondstof geen data over 2018 beschikbaar is, dan is de informatie over 2017 gebruikt. De productiedata kan per jaar verschillen. Voor dysprosium, neodymium, praseodymium en terbium is geen aparte data over productie, reserves en *resources* beschikbaar. Deze metalen worden met dertien andere metalen gerankschikt onder de zeldzame aardmetalen.

Reserves zijn de grondstoffen die momenteel economisch gezien gewonnen kunnen worden.^{vii} De reserves zijn een deel van de totale grondstoffen ('*resources*') van een land. *Resources*^{viii} zijn de grondstoffen die in een land zijn aangetoond en die mogelijk economisch gezien gewonnen kunnen worden.

^{vii} 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*".

^{viii} De definitie van 'Resources' volgens de U.S. Geological Survey: "*A concentration of naturally occurring solid, liquid, or gaseous material in or on the Earth's crust in such form and amount that economic extraction of a commodity from the concentration is currently or potentially feasible*".

1.4 Importdata

De importdata voor België is verkregen via de Eurostat-database. De mineralen worden in verschillende vormen (ruwe grondstof, verwerkte grondstof, half-fabriekaat) geïmporteerd en zijn daarom onder verschillende HS-codes terug te vinden in de Eurostat-database. In de berekeningen in Hoofdstuk 4 zijn de verschillende HS-codes daarom per mineraal bij elkaar opgeteld.

De directe import van de grondstoffen maakt waarschijnlijk maar een klein deel uit van de totale import. De verwerkingscapaciteit van België voor deze grondstoffen is beperkt. Het is hoogstwaarschijnlijk dat de grootste producenten van de geselecteerde grondstoffen ook de leveranciers aan België zijn. Dit gebeurt voornamelijk via grondstoffen die verwerkt in eindproducten België ingevoerd worden.

Sommige grondstoffen worden vooral vanuit andere EU-landen geïmporteerd. Het gaat hier meestal om grondstoffen die niet in de betreffende EU-landen zijn geproduceerd, maar via het EU-land naar België zijn geïmporteerd. Het is in die gevallen doorgaans niet mogelijk om te achterhalen in welk land de grondstoffen geproduceerd zijn.

Uitgaande van de metaalbehoefte voor de verschillende scenario's (zie Hoofdstuk 1), wordt voor het gebruik van elektrische auto's, zonnepanelen en windturbines in België geschat of er in 2030 aan de vraag voldaan kan worden.

Bij de importdata gelden de volgende beperkingen aan het onderzoek:

- De importdata is niet altijd beschikbaar voor 2018. Indien de data niet over 2018 gaat, wordt dat apart vermeldt. Er is altijd de meest recent beschikbare data gebruikt;
- Niet voor alle mineralen is er importdata beschikbaar;
- Voor sommige mineralen is er slechts geaggregeerde data beschikbaar: het mineraal is samen met andere mineralen in één HS-code verwerkt. Op basis van de beschikbare informatie is het niet mogelijk om in te schatten wat de verdeling binnen deze HS-code is. Waar dit het geval is, is het vermeld in het rapport.

In Bijlage 1 Tabel 4 staan de HS-codes uit Eurostat die zijn gebruikt per mineraal.^{ix}

1.5 Selectie cases sociale- en milieuimpact

In Hoofdstuk 5 wordt de sociale -en milieuimpact van het delven van mineralen voor de energietransitie beschreven. Ter illustratie zijn er per onderwerp één of twee cases toegevoegd. De selectie van cases over sociale -en milieuimpact is gebaseerd op:

- De reserves van de mineralen in een land en de daarbijbehorende verwachting dat er in de toekomst meer van het mineraal naar België zal worden geëxporteerd; en
- De beschikbaarheid van informatie over de cases.

^{ix} Eurostat publiceert in het Engels. De productcategorieën zijn niet vertaald om het opzoeken makkelijker te maken.

Hoofdstuk 2 Materialen in de energietransitie en transitie naar een duurzame mobiliteit

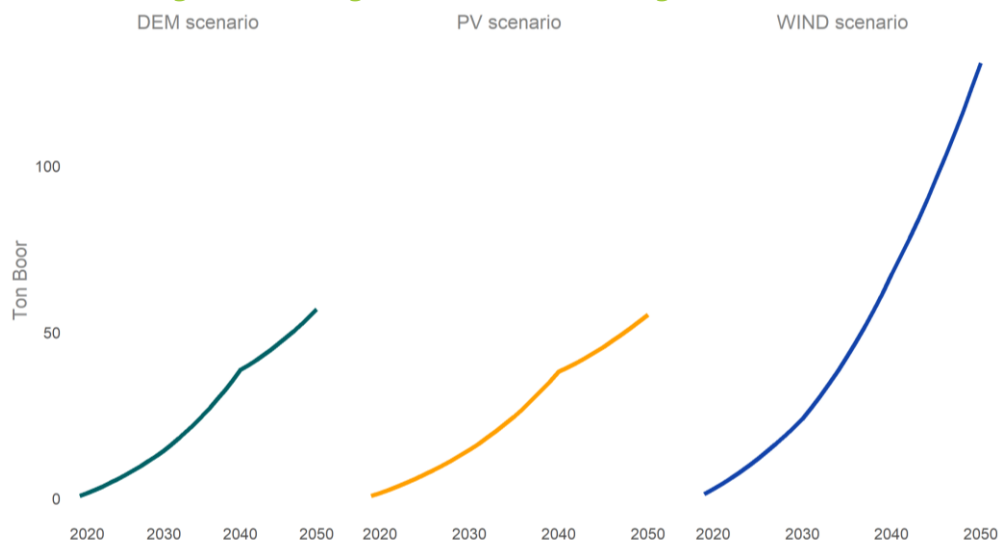
Voor elk van de materialen werden schattingen gemaakt van de grondstoffenvraag naar het specifieke materiaal. We bespreken de schattingen voor elk van de grondstoffen apart om zo een overzichtelijk beeld te bekomen van de impact van de Belgische energietransitie en de transitie naar een duurzame mobiliteit op de grondstoffenvraag. Koper en nikkel zijn twee grondstoffen die een prominente rol spelen in zowel de duurzame energietransitie alsook een transitie naar duurzame mobiliteit met elektrische voertuigen die afhankelijk zijn van de huidige Li-ion batterijtechnologie. Daartoe bespreken we de twee grondstoffen zowel in het deel rond de duurzame energietransitie, in het deel van de duurzame mobiliteit alsook in een korte extensie waarbij de combinatie van beide transitie wordt bestudeerd.

De gepresenteerde figuren stellen de *cumulatieve* grondstofvraag voor van een bepaald materiaal ten gevolge van de Belgische energietransitie. Met andere woorden, de waarde voor een bepaald jaar is de som van de vraag naar de grondstof in alle voorgaande jaren en in het bepaalde jaar. Indien de wetenschappelijke literatuur aangeeft dat er recyclagemogelijkheden zijn waarbij een bepaalde grondstof kan teruggewonnen worden, dan wordt de hoeveelheid die wordt gerecycleerd van de grondstof in mindering gebracht van de grondstoffenvraag in het gegeven jaar. Zo wordt een bereik bekomen voor de cumulatieve grondstoffenvraag waarbij de onderste curve de vraag voorstelt waarbij maximaal de grondstof wordt teruggewonnen via recyclage en de bovengrens aangeeft wat de cumulatieve grondstoffenvraag is ten gevolge van de duurzame energietransitie/mobiliteitstransitie indien de grondstoffen niet worden gerecycleerd bij het einde van de levensduur van een bepaalde duurzame energieapplicatie of voertuig.

2.1 Materialen in de energietransitie

2.1.1 Boor (B)

Figuur 15 Vraag naar boor in de energietransitie

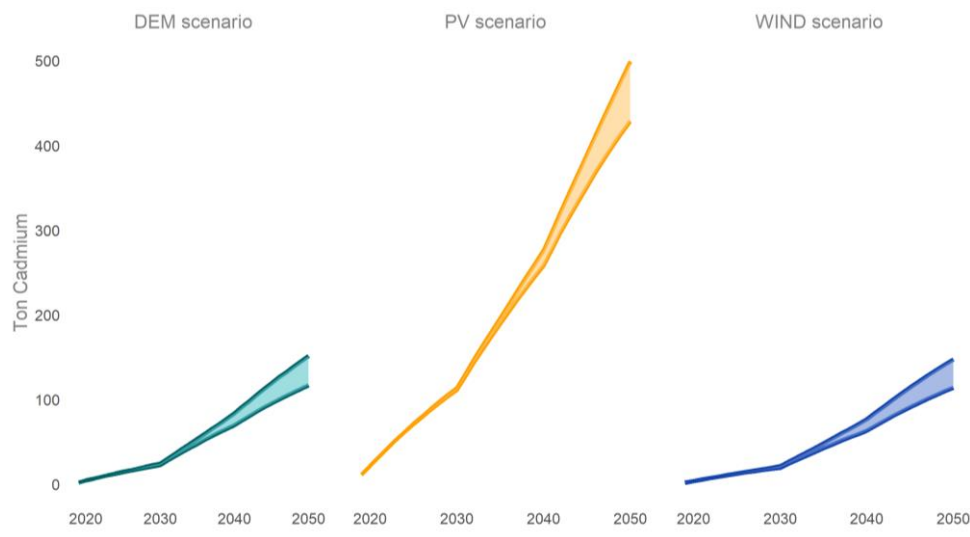


Een typische tendens die bij elk van de metalen naar voor komt is dat de cumulatieve vraag naar het specifieke metaal toeneemt over de tijd heen. Desondanks het feit dat er dus continu minder grondstoffen nodig zijn voor het produceren van een zelfde eenheid aan vermogen, zorgt de toegenomen noodzaak aan additioneel vermogen voor het verduurzamen van de energiemix er dus voor dat de vraag naar de grondstoffen blijft stijgen.

Boor is aanwezig in de permanente magneten die worden gebruikt bij windturbines. Daarom leidt een scenario waarbij de duurzame energie vooral wordt opgewekt via windturbines ertoe dat de cumulatieve vraag naar Boor sterk toeneemt tegen 2050. Bovendien wordt in de literatuur geen melding gemaakt van het recyclagepotentieel van boor, waarschijnlijk ten gevolge van de beperkte recupereerbaarheid. Er kan dus geen recyclaat worden aangewend ter vermindering van de totale vraag naar boor.

2.1.2 Cadmium (Cd)

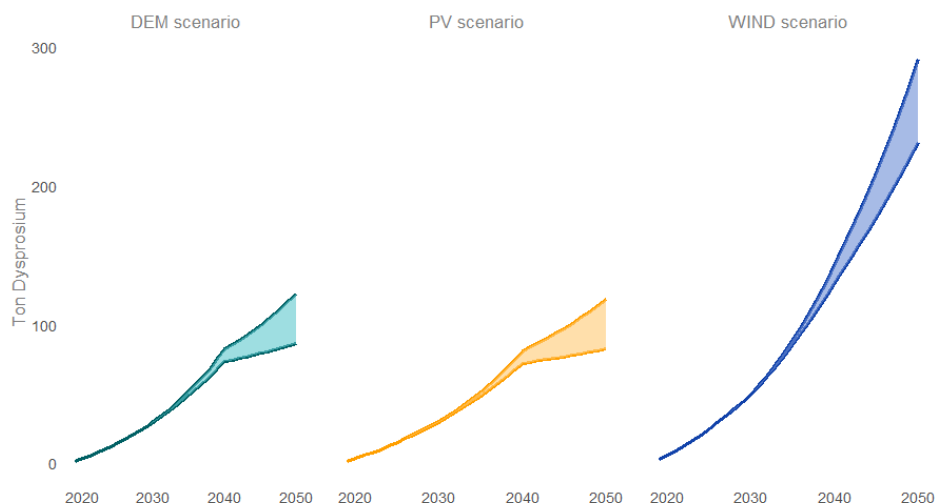
Figuur 16 Vraag naar cadmium in de energietransitie



Cadmium is uitsluitend aanwezig in de dunne film zonnepanelen, nl. CIGS en CdTe zonnepanelen. Hoewel de toekomstige vraag naar zonnepanelen vooral zal worden ingevuld door kristallijne zonnepanelen, waarvoor geen cadmium nodig is om deze te produceren, stijgt de cumulatieve vraag naar cadmium tegen 2050 tot ongeveer 420 tot 500 ton. In het DEM en WIND scenario, waarbij het totale geïnstalleerde vermogen aan zonnepanelen ook toeneemt, maar veel minder uitgesproken dan bij het PV scenario, bedraagt de cumulatieve vraag tussen de 110 en 150 ton.

2.1.3 Dysprosium

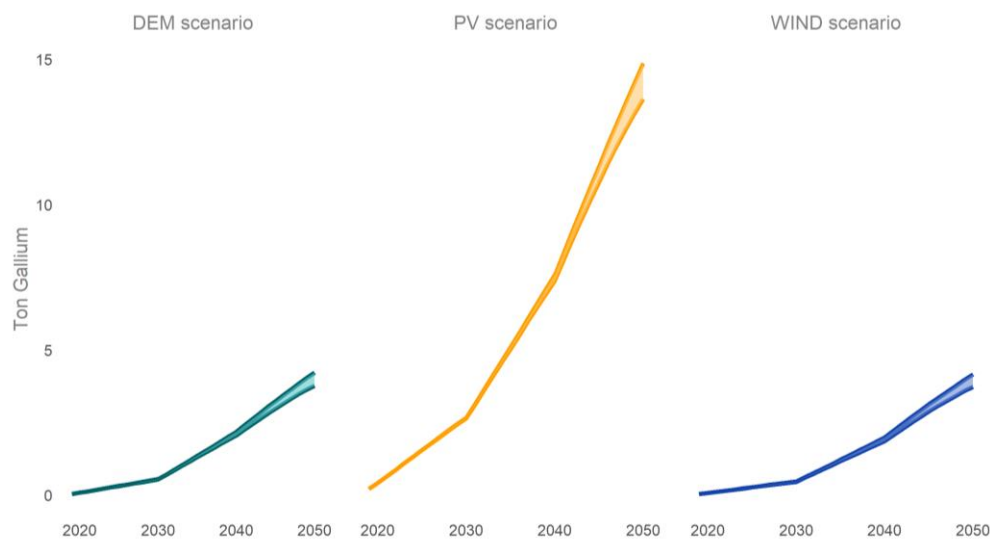
Figuur 17 Vraag naar dysprosium in de energietransitie



Dysprosium is een belangrijk bestanddeel van de permanente magneten in windturbines. Dientengevolge neemt de vraag naar de grondstof voornamelijk sterk toe in een WIND scenario. De cumulatieve vraag in 2050 bedraagt 231 tot 291 ton in het WIND scenario. In het DEM en PV scenario ligt de vraag aanzienlijk lager en situeert deze zich tussen de 82 en 118 ton in het PV scenario en 86 tot 122 ton in het DEM scenario.

2.1.4 Gallium (Ga)

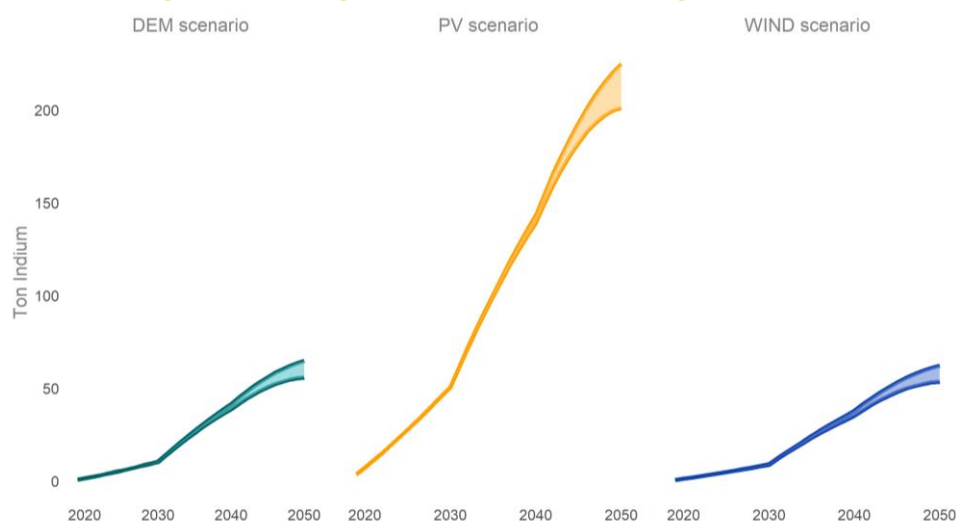
Figuur 18 Vraag naar gallium in de energietransitie



Gallium wordt in tegenstelling tot cadmium slechts gebruikt als grondstof bij één type dunne film zonnepanelen, nl. bij CIGS. Bovendien wordt voorspeld dat de vraag naar gallium als grondstof voor zonnepanelen drastisch zal afnemen per MW aan vermogen dat wordt geïnstalleerd. De benodigde hoeveelheid gallium zal in 2050 per MW vermogen slechts een 16 percent bedragen van deze in 2013. De toegenomen vraag naar zonnepanelen leidt desalniettemin tot een cumulatieve vraag naar gallium tussen de 13 en 15 ton in het PV scenario en tussen 3,5 en 4,5 ton in de DEM en WIND scenario's. Het beperkte verschil tussen de vraag naar Gallium in de DEM en WIND scenario's is toe te wijzen aan de gelijkaardige capaciteit aan zonne-energie die in beide scenario's wordt geïnstalleerd.

2.1.5 Indium (In)

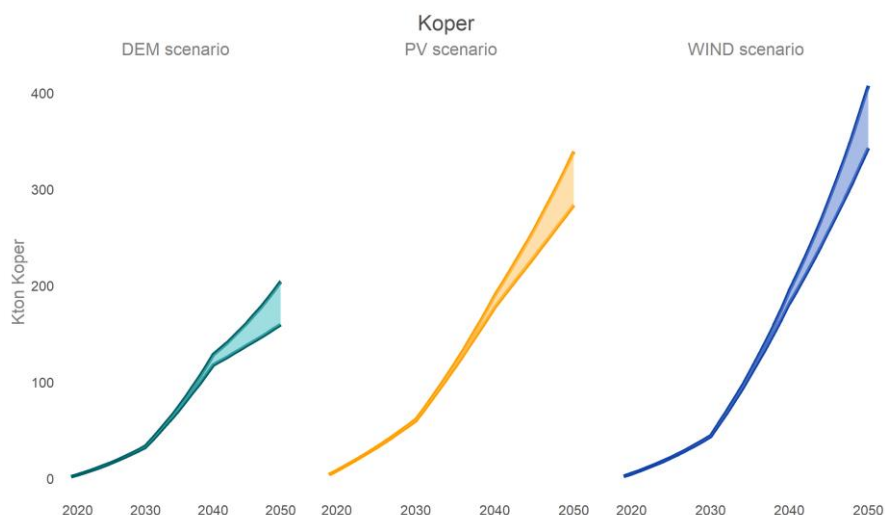
Figuur 19 Vraag naar indium in de energietransitie



Indium wordt aangewend in dunne-film zonnepanelen. Ook hier wordt verwacht dat de hoeveelheid indium per MW-vermogen aan zonne-energie drastisch zal afnemen tegen 2050. Hoewel dit niet expliciet meegenomen werd, is er bovendien ook de mogelijkheid tot het vervangen van Indium door bv. Germanium.¹³ Ten gevolge van de drastische afname van de hoeveelheid Indium per MW van dunne-film zonnepanelen, vakt de cumulatieve vraag rond 2050 steeds meer af in vergelijking met bv. cadmium en gallium. De vraag naar indium is dus een voorbeeld waarbij technologische vooruitgang ertoe kan leiden dat de toegenomen vraag naar additionele capaciteit bijna niet leidt tot extra vraag naar een specifieke grondstof. Echter, dit is uitsluitend het geval indien het indium ook wordt gerecycleerd (ondergrens van alle scenario's) en is pas van toepassing in de verre toekomst, waardoor onzekerheid bestaat over de realiseerbaarheid van de nodige technologische vooruitgang. In tussentijd is nog steeds 200 tot 225 ton Indium nodig in het PV scenario waarbij de toepassing van zonnepanelen drastisch toeneemt en 63 tot 65 ton Indium in de DEM en WIND scenario's.

2.1.6 Koper (Cu)

Figuur 20 Vraag naar Koper in de energiemarkt

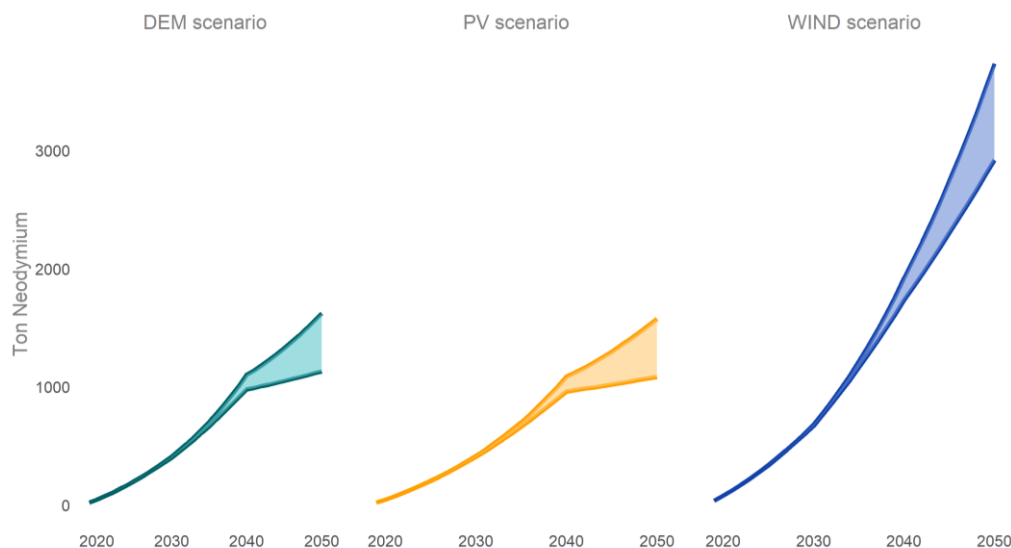


Koper wordt aangewend in alle toepassingen van de duurzame energietransitie. Echter, data rond de toekomstige evolutie van koper volgens inschattingen van experts is niet beschikbaar in de literatuur. Daarom worden geen verdere efficiëntiewinsten meer meegenomen. Dit leidt ertoe dat voor zowel het WIND als het PV scenario een aanzienlijke hoeveelheid koper nodig is. In het WIND scenario moet er 343 tot 408 kton worden ontgonnen, terwijl in het DEM scenario 160 tot 204 kton en het PV scenario 284 tot 339 kton nodig is. Door de aanwezigheid van koper in zowel windturbines als zonnepanelen is er nu dus een duidelijk verschil tussen het DEM scenario en de andere scenario's. Noteer wel dat de recyclage-efficiëntie van koper vrij hoog wordt ingeschat, waardoor (net als bij sommige andere grondstoffen) na 2050 een groot deel zou kunnen gerecupereerd worden via recyclage waardoor de cumulatieve vraag zou stagneren^x.

^x Dominguéz en Geyer (2019) schat de recyclage-efficiëntie van koper uit zonnepanelen zelfs op 100% op basis van hun literatuuronderzoek in de VS. Wij schatten deze conservatiever in op 95%. Of deze fractie werkelijk ook wordt gerecycleerd is afhankelijk van zowel economische overwegingen alsook legislatieve eisen. Noteer dat figuren voor koper uitgedrukt zijn in kiloton en niet in ton.

2.1.7 Neodymium (Nd)

Figuur 21 Vraag naar Neodymium in de energiemarkt

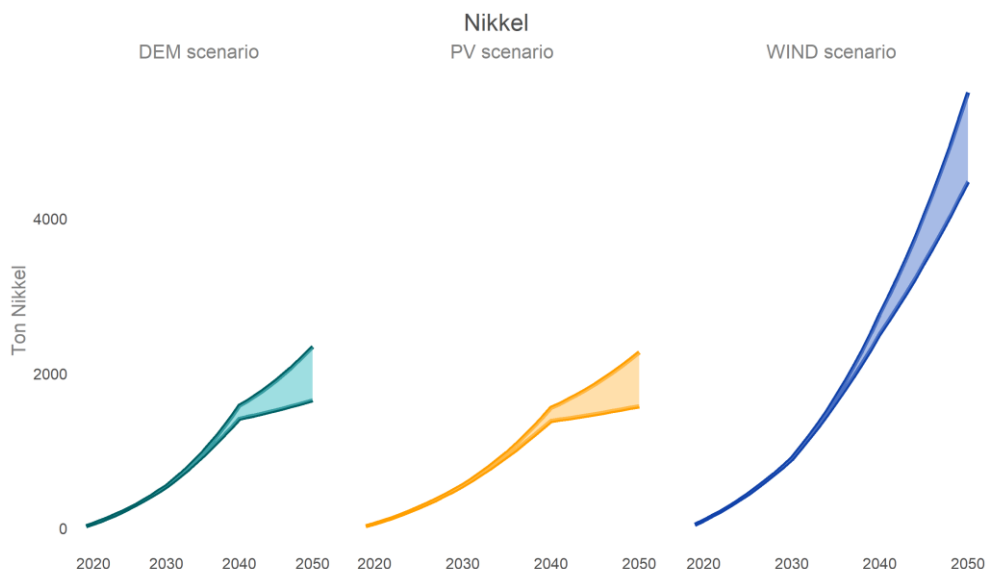


Neodymium is een belangrijke grondstof in de productie van permanente magneten voor windturbines. Hoewel volgens onze scenario's deze magneten in elk type windturbine zal zitten in de toekomst, wordt neodymium niet in elke toepassing even intensief gebruikt. Zo is voor hoge snelheid windturbines (vooral gebruikt voor on-shore windturbines) veel minder neodymium nodig dan voor direct drive windturbines. Opvallend voor elk van de metalen in de windturbines is tevens dat de voorspelde toegenomen efficiëntie tegen 2050 van de toepassing van de grondstoffen, m.a.w. een lagere noodzaak aan de metalen per MW aan capaciteit, veel beperkter is dan bij zonnepanelen. De vraag naar additionele capaciteit aan windenergie zal dus de voorname drijfveer zijn van de vraag naar grondstoffen aanwezig in windturbines en zal slechts beperkt teniet worden gedaan door verbeterde efficiëntie in het gebruik van grondstoffen.

Voor het vervullen van de vraag naar neodymium zal tegen 2050 een 2.900 tot 3.700 ton nodig zijn in het windscenario en 1.000 tot 1.650 ton in de DEM en PV scenario's. Noteer dat de ondergrens van de schatting telkens vrij ver ligt van de bovengrens ten gevolge van het potentieel van recyclage van de permanente magneten in windturbines.

2.1.8 Nikkel (Ni)

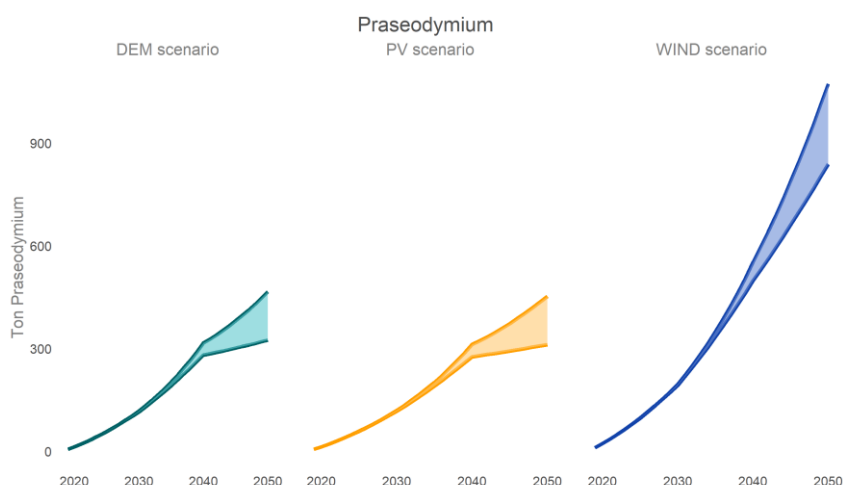
Figuur 22 Vraag naar Nikkel in de energiemarkt



Nikkel is net als koper een grondstof dat wordt aangewend bij zowel zonnepanelen als windturbines. De totale vraag naar nikkel is echter fors lager dan deze voor koper. De aanzienlijke nood aan bijkomstige windenergie via turbines is cruciaal in het verklaren van de evolutie van de vraag naar nikkel in het windscenario. De vraag naar nikkel varieert van 1,57 tot 2,35 kton voor de DEM en PV scenario's tot 4,48 tot 5,63 kton in het WIND scenario. Gezien de beperkte noodzaak aan nikkel in zonnepanelen liggen het PV scenario en het DEM scenario dicht bij elkaar, in tegenstelling tot hetgeen bij koper werd geobserveerd, waar deze verder uit elkaar lagen ondanks dat ook daar koper zowel aanwezig was in windturbines alsook in zonnepanelen.

2.1.9 Praseodymium (Pr)

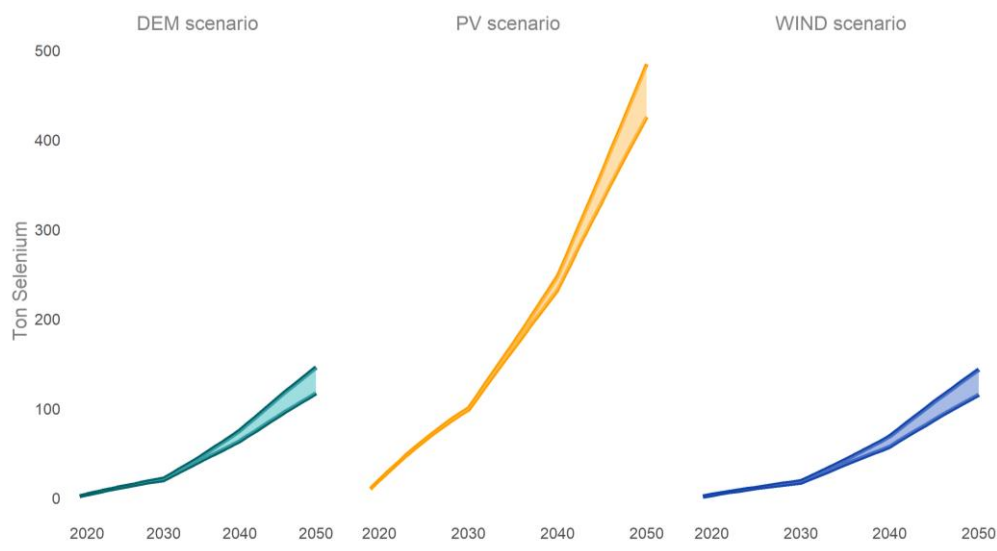
Figuur 23 Vraag naar praseodymium in de energietransitie



Net als neodymium wordt praseodymium eveneens aangewend in de permanente magneten van windturbines. Gezien de gelijkaardige daling van de nood aan praseodymium en neodymium per MW aan windcapaciteit voor alle types windturbines, kent de cumulatieve vraag naar de grondstof eveneens gelijkaardig verloop als neodymium. Aangezien echter minder van de grondstof nodig voor het produceren van de permanente magneten, is de vraag lager: 830 tot 1.070 ton voor het WIND scenario, 310 tot 450 ton voor het PV scenario en 325 tot 465 ton voor het DEM scenario.

2.1.10 Selenium (Se)

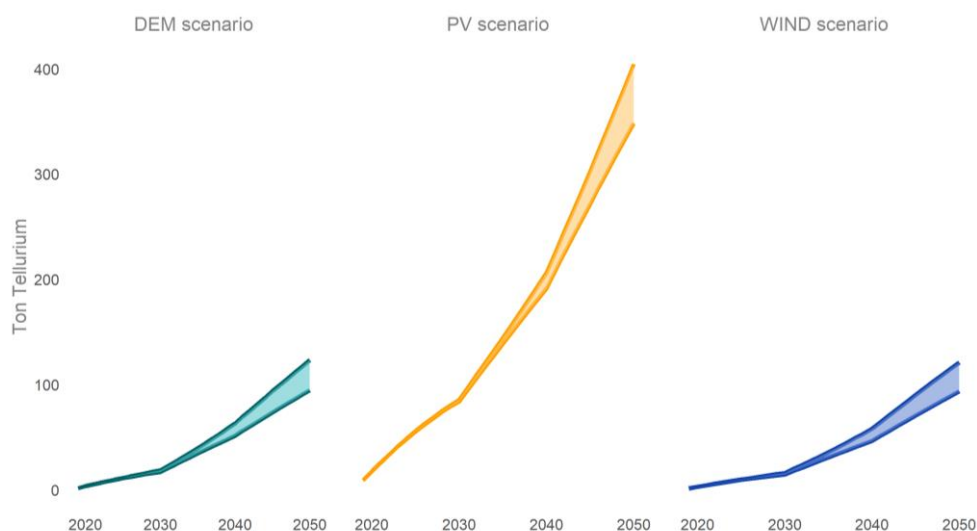
Figuur 24 Vraag naar selenium in de energietransitie



Selenium is een belangrijk bestanddeel van de dunne-film zonnepanelen, CIGS en CdTe, maar is niet van belang bij windturbines. Daardoor wordt de vraag naar selenium vooral beïnvloed door de vraag naar zonnepanelen. Dit betekent dat de cumulatieve vraag voornamelijk hoog ligt in het PV scenario. Daar bedraagt de cumulatieve vraag tussen de 425 en 485 ton, terwijl dit in het DEM scenario tussen de 117 en 146 ton bedraagt en in het WIND scenario tussen de 115 en 144 ton.

2.1.11 Tellurium (Te)

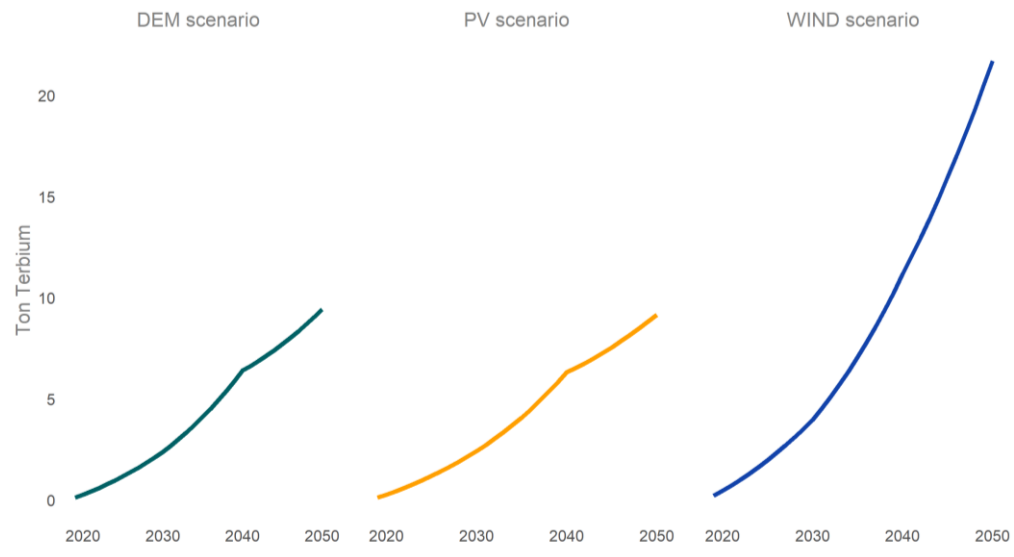
Figuur 25 Vraag naar tellurium in de energietransitie



Tellurium wordt uitsluitend aangewend in CdTe dunne film zonnepanelen, één van de drie types zonnepanelen die werden gemodelleerd in dit onderzoek. De cumulatieve vraag kent, net als bij de andere grondstoffen in het PV scenario, een vrij spectaculaire stijging ten gevolge van de additionele vraag naar vermogen opgewekt uit zonne-energie. De cumulatieve vraag tegen 2050 bedraagt 348 tot 405 ton in het PV scenario, 93 tot 121 ton in het WIND scenario en 95 tot 123 in het DEM scenario.

2.1.12 Terbium (Tb)

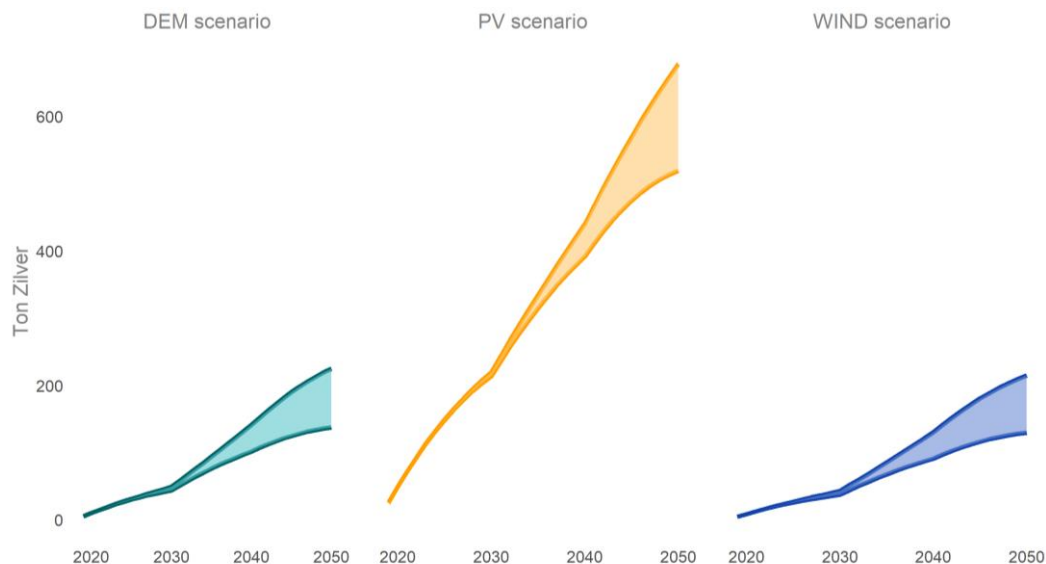
Figuur 26 Vraag naar terbium in de energietransitie



Terbium is in zeer kleine fracties aanwezig in windturbines. De beperkte fracties belemmeren eveneens het recyclage-potentieel van deze grondstof en ook hier wordt in de academische literatuur geen melding gemaakt van recyclage-percentages voor terbium. De grondstoffenvraag zonder recyclage is dan ook gelijk aan deze waarbij het recyclaat volledig zou benut worden, net als bij boor. In het WIND scenario is het meeste terbium nodig, nl. 21,7 ton. In het DEM en PV scenario is respectievelijk 9,4 en 9,2 ton terbium nodig.

2.1.13 Zilver (Ag)

Figuur 27 Vraag naar zilver in de energietransitie



Zilver is één van de weinige kritieke metalen die wordt aangewend in de productie van kristallijne zonnepanelen, die verschillend zijn van dunne film-zonnepanelen. Kristallijne zonnepanelen zijn op dit moment de voornaamste bron van zonne-energie in België. Het scenario tot 2050 voorziet ook dat deze dominantie wordt verder gezet. De efficiëntie in termen van grondstoffengebruik per MW vermogen is reeds drastisch verbeterd van deze zonnepanelen en in de wetenschappelijke literatuur wordt rekening gehouden met een verdere verbetering van het aantal zilver per MW capaciteit. Zo zouden in 2050 de kristallijne zonnepanelen slechts 5 percent van het zilver bezitten dat in 2013 in de zonnepanelen aanwezig was. Bovendien wordt geschat dat tot 95 percent van het zilver uit de zonnepanelen kan gerecupereerd worden (hierbij houden we alleen rekening met de technische haalbaarheid van de recyclage en niet de economische haalbaarheid). De cumulatieve vraag naar zilver blijft desalniettemin tot 2050 toenemen en bedraagt 520 tot 680 ton in 2050. Noteer dat dit voornamelijk het gevolg is van het doorzetten van de dominantie van kristallijne zonnepanelen op de markt. Hierdoor leiden drastische toenames in de vraag naar zonne-energie zich voornamelijk tot een toegenomen vraag naar kristallijne zonnepanelen en zo dus naar zilver. In het DEM scenario bedraagt de cumulatieve vraag naar zilver 137 tot 225 ton en in het WIND scenario is dit 130 tot 215 ton.

2.1.14 Algemene conclusies van de materiaalvraag verbonden aan de duurzame energietransitie

De bovenstaande oefening benadrukte enkele gevolgen van de Belgische energietransitie. In elke instantie is er een duidelijke toename in de cumulatieve vraag naar een bepaalde grondstof. Echter, in het DEM scenario, een scenario waarbij de marktprijzen zich aanpassen om zo te leiden tot een lagere energievraag, is de algemene vraag naar grondstoffen het laagste. Desalniettemin moet ook hier de kanttekening bij worden gemaakt dat het desbetreffende scenario substantiële socio-economische gevolgen kan hebben. Zo kunnen gezinnen met beperkte koopkracht een verdere erosie ervaren van deze koopkracht en wordt het voor bedrijven duurder om in België te produceren. Dit zou gecorrigeerd kunnen worden door sterke inzet op energie-efficiëntie en vermindering en met sociale correcties via belastingvoordeel of subsidies voor gezinnen met een beperkte koopkracht. Het is ook aan te bevelen om verder onderzoek te doen naar een scenario waarin zowel de grondstoffenvraag laag is als de sociale gevolgen positief zijn..

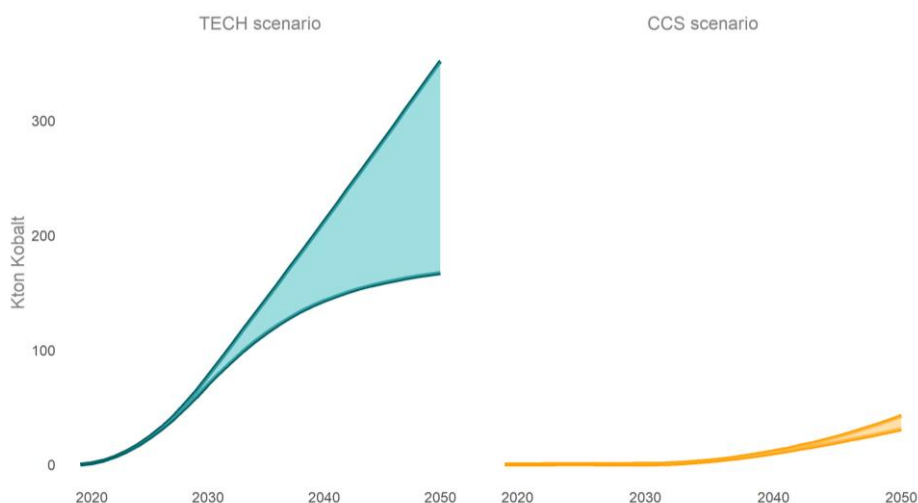
Een scenario waarbij vooral wordt ingezet op zonne-energie leidt tot een aanzienlijke toename in de vraag naar cadmium, gallium, indium, selenium, tellurium en ten slotte zilver. Echter, alle van deze grondstoffen met uitzondering van zilver worden aangewend in dunne film zonnepanelen. Zilver wordt dan weer voornamelijk gebruikt in de meer populaire kristallijne zonnepanelen. Dit benadrukt dat de keuze van de types zonnepanelen tevens van belang zijn en tevens onderhevig zullen zijn aan technologische ontwikkelingen. Een scenario waarbij windenergie een dominante plek inneemt heeft dan weer vooral grondstoffen nodig voor de permanente magneten in de windturbines, namelijk neodymium, praseodymium, terbium en boor. Voor boor en terbium lijkt er tevens weinig potentieel tot het recupereren van de relevante grondstoffen. Ondanks de onzekere economische haalbaarheid is de recyclage van de grondstoffen uit de specifieke applicaties waarin de grondstoffen zijn toegepast een manier om aanzienlijk de materiaal voetafdruk te verminderen.

2.2 Materialen voor duurzame mobiliteit

Ook hier rapporteren we voor de vier relevante kritieke metalen (namelijk kobalt, lithium, koper en nikkel) onder- en bovengrenzen met betrekking tot de cumulatieve vraag. Noteer dat we kijken naar twee verschillende scenario's voor duurzame mobiliteit. Één scenario waarbij uitsluitend elektrische voertuigen worden verkocht tegen 2030. Het andere scenario gaat dan weer na wat de invloed van het drastisch verhogen van de bezettingsgraad via het toepassen van circulaire economie strategieën zoals autodelen. De recyclage van specifieke componenten van elektrische voertuigen (zoals de batterij en elektrische motor) zijn voorlopig nog zeer onduidelijke factoren aangezien deze nog niet op grote schaal worden uitgeoefend. Concreet zal voor de terugwinning van bepaalde metalen een meer uitgebreide ontmanteling moeten toegepast worden die de economische haalbaarheid van de terugwinning van bepaalde grondstoffen bemoeilijkt. We werken daarom met conservatieve inschattingen.

2.2.1 Kobalt (Co)

Figuur 28 Vraag naar kobalt voor duurzame mobiliteit

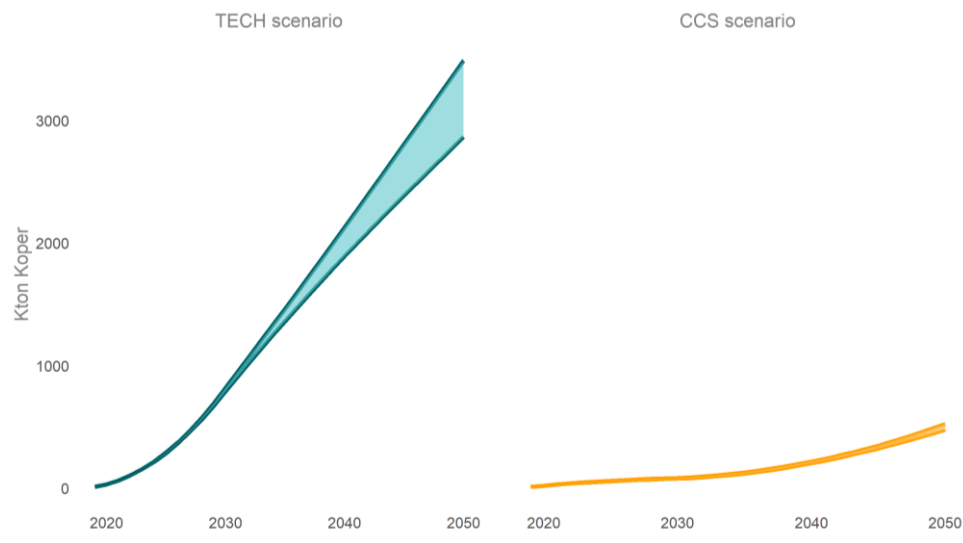


Kobalt is een belangrijk materiaal aanwezig in de batterij van elektrische voertuigen. Een scenario waarbij er dus meer elektrische voertuigen worden gebruikt (TECH scenario) toont een drastische toename in de vraag naar kobalt. Zo zal in het scenario 167 tot 352 kiloton aan kobalt nodig zijn. Doordat elektrische voertuigen een minder lange levensduur hebben dan bv. zonnepanelen komt het belang van recyclage echter veel meer naar voor waardoor er een aanzienlijk verschil is tussen de geschatte ondergrens waarbij gerecycleerde kobalt terug wordt aangewend en de bovengrens

waarbij dit niet het geval is^{xi}. In het CCS scenario is daarentegen maar 30 tot 42 kiloton kobalt nodig.

2.2.2 Koper (Cu)

Figuur 29 Vraag naar Koper voor duurzame mobiliteit



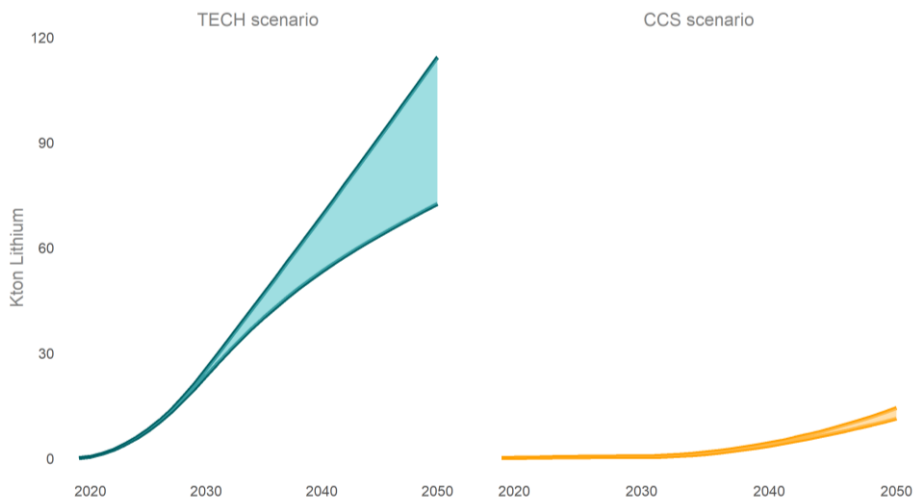
Koper kan enerzijds vrij succesvol gerecycleerd worden uit de batterij van elektrische voertuigen. Echter, koper is ook aanwezig in andere delen van de auto, bovenal in de elektrische motor van een elektrisch voertuig. De recyclage-efficiëntie van koper in de elektrische motor is tot op heden moeilijk in te schatten, maar is waarschijnlijk zeer beperkt. Deze verschillende recyclage-efficiënties worden ook mee genomen in deze oefening.

In het circulaire scenario is 478 tot 525 kton nodig tegen 2050, het scenario waarbij volledig wordt overgegaan tot een elektrificatie van de personenwagens in België geeft aan dat 2.860 tot 3.490 kton nodig zal zijn aan koper.

^{xi} De recyclage van de batterijen is onduidelijk. Gegeven de hoge performantie eis die elektrische voertuigen stellen van de batterijen, kunnen batterijen die niet meer voldoen aan deze eis gewoon in een andere toepassing worden aangewend waarbij een lagere performantie aanvaardbaar is (bv. thuisbatterijen) in plaats van volwaardig te worden gerecycleerd. Echter, in dit geval vervangen de specifieke batterijen de vraag naar bv. kobalt in lithium in thuisbatterijen, waardoor het hergebruik uiteindelijk bijdraagt tot een lagere totale vraag naar de grondstoffen.

2.2.3 Lithium (Li)

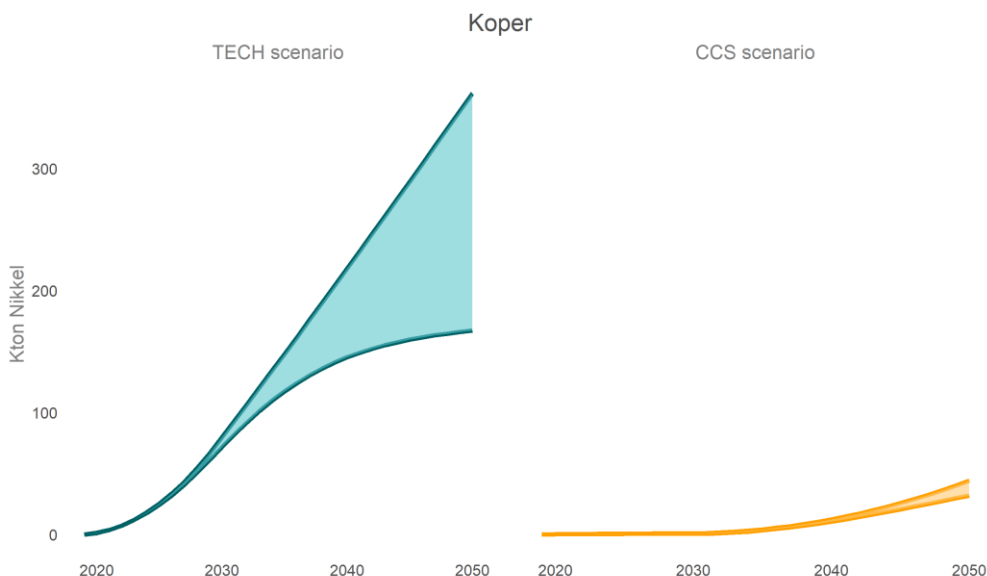
Figuur 30 Vraag naar lithium voor duurzame mobiliteit



Aangezien lithium eveneens wordt aangewend in het elektrische voertuig neemt de cumulatieve vraag de zelfde vorm aan als die van kobalt. De totale benodigde kwantiteit ligt echter wel lager, nl. 72 tot 114 kiloton in het TECH scenario. In het CCS scenario komt het belang naar voor van het verhogen van de bezettingsgraad van de voertuigen teneinde een lagere grondstoffenvraag te bekomen. In dit scenario bedraagt de cumulatieve vraag 11 tot 14 kiloton.

2.2.4 Nikkel (Ni)

Figuur 31 Vraag naar nikkel voor duurzame mobiliteit



Nikkel kent een gelijkaardige evolutie als kobalt, met aanzienlijk recyclagepotentieel waardoor de boven- en ondergrenzen van de vraag aanzienlijk uit elkaar liggen. In totaal is 32 tot 44 kton nodig in het circulaire CCS scenario en 167 tot 362 kton in het TECH scenario.

2.2.5 Algemene conclusies van de materiaalvraag verbonden aan de duurzame energietransitie

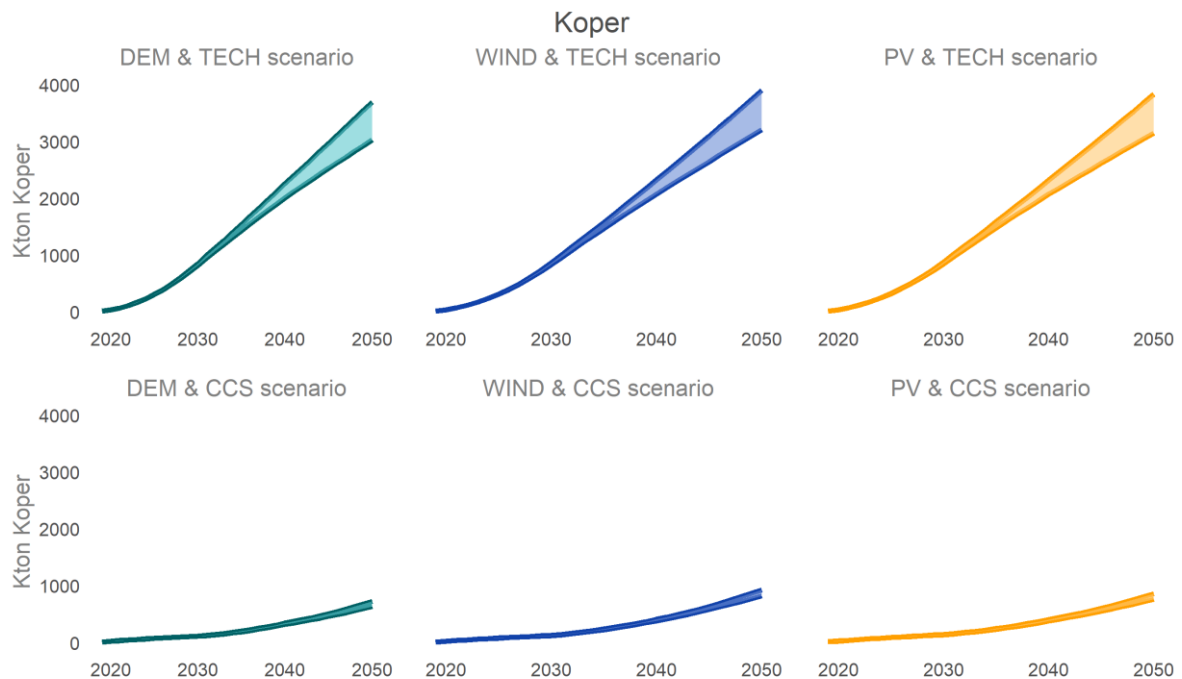
Een scenario waarbij uitsluitend wordt gekeken naar het maken van de overstap naar elektrische auto's gaat gepaard met een aanzienlijke materiaalvraag. Dit is enerzijds het gevolg van de grotere massa van elektrische voertuigen ten opzichte van standaard personenwagens met verbrandingsmotoren. Bovendien zijn er tevens enkele kritieke metalen zoals kobalt en lithium van groot belang waardoor een toekomst met uitsluitend elektrische voertuigen met de huidige Li-ion batterijen leidt tot een enorme toename in de cumulatieve vraag van deze grondstoffen. Indien echter meer wordt ingezet op het verhogen van de huidige bezettingsgraad van de voertuigen door het verhogen van bv. autodelen, kan de cumulatieve vraag naar deze grondstoffen worden beperkt. Een succesvolle organisatie van de recyclagesector kan tevens ook de vraag naar nieuw ontgonnen grondstoffen verlichten.

2.3 Combinatie van de duurzame mobiliteit en energie scenario's voor koper en nikkel

Koper en nikkel spelen beide een belangrijke rol bij zowel de duurzame energietransitie en de duurzame mobiliteitstransitie. In dit kader werden de resultaten van de beide transitie scenario's ook samengevoegd en gecombineerd. Zo worden in totaal zes scenario's verkregen.

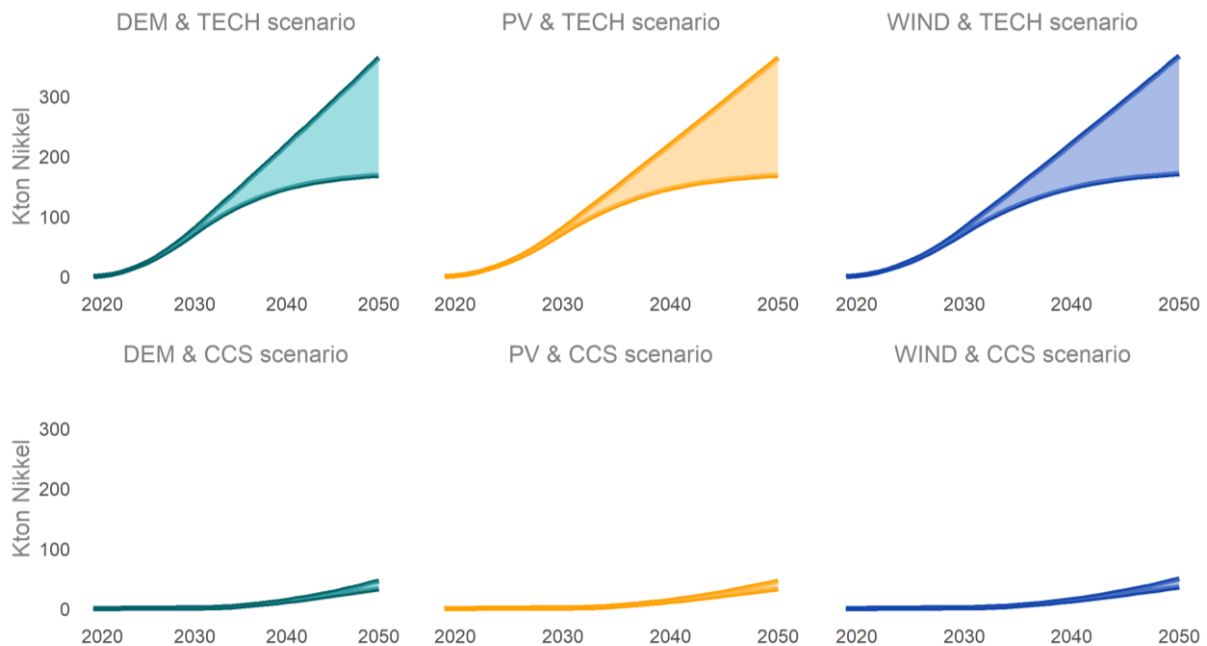
De vraag naar koper wordt voornamelijk gedreven door het gebruik ervan in elektrische voertuigen. Concreet wordt er tot wel tien keer meer koper nodig in het TECH scenario dan in de verschillende duurzame energietransitie scenario's. Daarom is de onderliggende trend in de cijfers zeer gelijkaardig aan deze van het TECH scenario. Voor het circulair scenario wegen de cijfers van de energietransitie zwaarder door, ook al weegt het toegenomen gebruik van elektrische voertuigen ook hier het zwaarste door. Het DEM&CCS scenario wordt gekenmerkt door de laagste vraag naar koper (nl. 638 tot 729 kton cumulatief tegen 2050) terwijl WIND&TECH scenario de hoogste vraag naar koper heeft. Deze laatste wordt geschat tussen de 3.207 en 3.897 kton.

Figuur 32 Vraag naar koper in gecombineerde energie en mobiliteit scenario's



De totale vraag naar nikkel van een duurzame energie transitie en mobiliteitstransitie is zeer gelijkaardig. Ook hier domineert de toepassing van nikkel in elektrische voertuigen. Echter, hier is reeds in het circulaire mobiliteitsscenario (CCS) meer dan tien keer zoveel nikkel nodig dan bij de duurzame energiescenario's. Onderstaande figuur vertoont dus amper een impact van de duurzame energietransitie.

Figuur 33 Vraag naar Nikkel in gecombineerde energie en mobiliteit scenario's



Hoofdstuk 3 Grondstofproductie

In dit hoofdstuk is voor de geselecteerde grondstoffen in kaart gebracht in welke landen de productie plaatsvindt.

Productiedata is niet per mineraal beschikbaar voor dysprosium, neodymium, praseodymium en terbium. Deze mineralen zijn samengevoegd met dertien andere metalen onder de noemer *zeldzame aardmetalen*. Voor dysprosium is de wereldproductie 100 ton, voor neodymium 7.000 ton, voor praseodymium 2.500 ton en voor terbium 10 ton. Voor de overkoepelende categorie *zeldzame aardmetalen* is er wel een uitsplitsing per land.¹⁴

Tabel 1 Wereldwijde productie van de geselecteerde grondstoffen (in tonnen - 2018)

Land	Boor	Cadmium	Gallium	Indium	Kobalt	Lithium	Selenium	Tellurium	Zeldzame aard- metalen	Zilver
Argentinië	150.000					6.200				1.100
Australië					4.700	51.000			20.000	1.200
België				20			200			
Brazilië						600			1.000	
Bolivia	180.000									1.200
Bulgarije								5		
Burundi									1.000	
Canada		1.800		70	3.800		50	30		
Chili	560.000					16.000				1.300
China	70.000	8.200	390	300	3.100	8.000	950	300	120.000	3.600
Cuba					4.900					
DRC					90.000					
Fillipijnen					4.600					
Finland							100			
Frankrijk				50						
Duitsland							300			
India									1.800	
Japan		2.100	3	70			750	36		
Kazachstan	500.000	1.500								
Madagaskar					3.500					
Maleisië									200	
Marokko					2.300					
Mexico		1.200								6.100
Nederland		900								
Oekraïne			6							
Papua NG					3.200					
Peru	-	800		10			45			4.300
Polen							90			1.300

Land	Boor	Cadmium	Gallium	Indium	Kobalt	Lithium	Selenium	Tellurium	Zeldzame aard- metalen	Zilver
Portugal						800				
Namibië						500				
Rusland	75.000	1.200	6	5	5.900		150	35	2.600	1.200
Thailand									1.000	
Verenigde Staten	W	W	-	-	500	600	W	W		900
Vietnam									400	
Zweden							20	32		
Zuid-Afrika					2.200			7		
Zuid-Korea		5.600	3	230						
Zimbabwe						1.600				
Turkije	1.800.000						50			
Andere landen		2.400			7.000		50	NA	-	4.800
Totaal wereld	3.335.000	26.000	410	750	140.000	85.000	2.800	440	170.000	27.000

W= informatie achtergehouden door USGS vanwege bedrijfsbelangen. NA= data niet beschikbaar. - = nul.

Bron: U.S. Geological Survey (2019, februari), *Mineral Commodity Summaries 2019*.

Deze productiegegevens zijn gebruikt om het grondstofbudget voor België te berekenen. De resultaten daarvan staan in Hoofdstuk 6.

Hoofdstuk 4 Belgische import van grondstoffen

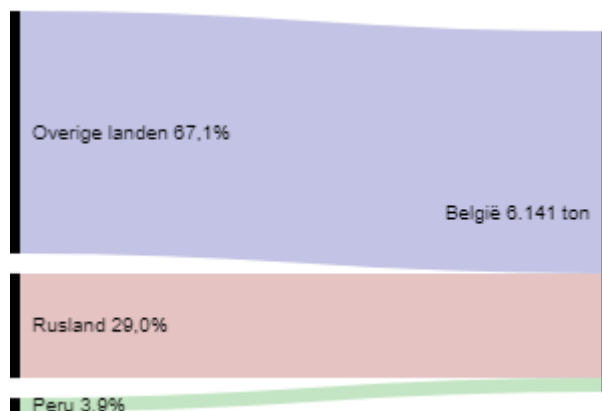
België importeert de voor de energietransitie benodigde grondstoffen van over heel de wereld. In dit hoofdstuk wordt per mineraal aangegeven uit welke landen België het in 2018 heeft geïmporteerd. De gegevens zijn, tenzij anders aangegeven, afkomstig uit de database van de Europese Unie: Eurostat. Indien de import gerapporteerd is via een doorvoerland (bijvoorbeeld Nederland), dan is de hoeveelheid opgenomen in de categorie *overige landen*. Zie de methodologie in sectie 1.4 voor meer uitleg.

De productie van zonnepanelen, windturbines en accu's van elektrische auto's vindt voornamelijk buiten België plaats. De import en productie van deze producten is niet in de importgegevens van de grondstoffen meegenomen, maar is apart beschreven in sectie 4.11.

4.1 Boor

België importeert boor voornamelijk uit andere Europese landen, Rusland en Peru. Van de belangrijke exporteurs naar België zijn alleen Rusland en Peru zelf ook producent van boor. De andere landen fungeren als doorvoerland.

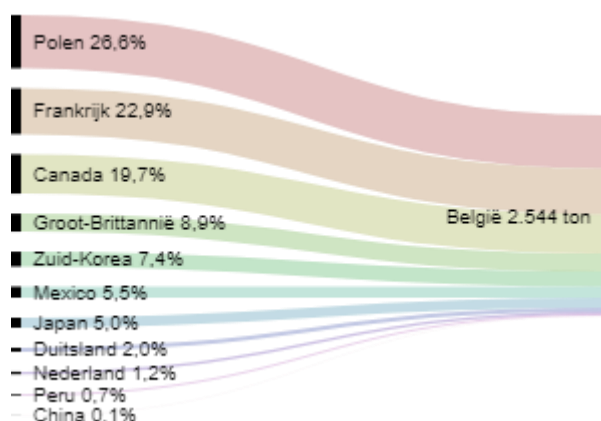
Figuur 34 Boor-import naar België (2018)



4.2 Cadmium

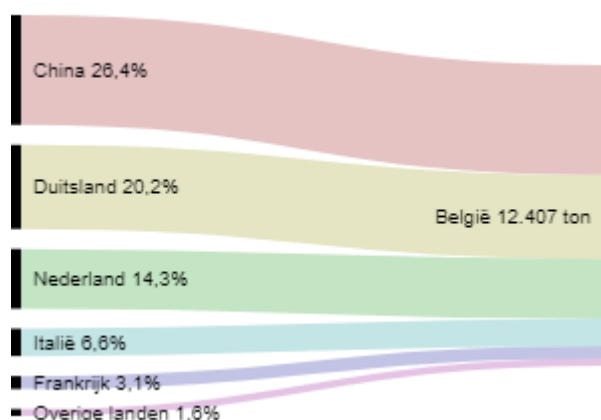
België importeert cadmium voornamelijk uit andere Europese landen en Canada. Cadmium is geproduceerd in landen waar zink wordt verwerkt. Dit zijn niet per se de landen waar zink gewonnen wordt.

Figuur 35 Cadmium-import naar België (2018)



De import van cadmium wordt ook gerapporteerd in geaggregeerde HS-codes. Het is niet duidelijk welk deel in deze categorieën cadmium is (zie Tabel 4 voor uitleg). Hierin is China de voornaamste leverancier van België. Daarnaast exporteren andere Europese landen naar België.

Figuur 36 Importcategorieën die cadmium bevatten naar België (2018)



4.3 Dysprosium en terbium

De import van dysprosium en terbium wordt alleen samen met andere zeldzame metalen gerapporteerd in een geaggregeerde HS-code. Het is niet duidelijk welk deel in deze categorieën dysprosium of terbium is (zie Tabel 4 voor uitleg). Er is in deze productgroep alleen vanuit Duitsland een kleine hoeveelheid naar België geëxporteerd. Het is niet duidelijk of het om dysprosium, terbium of een ander zeldzaam aardmetaal gaat.

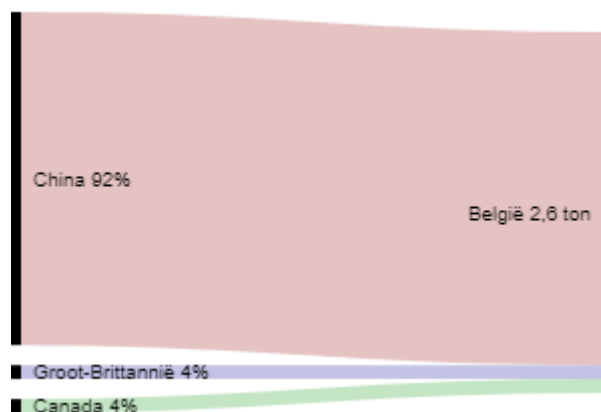
4.4 Gallium

Er is geen Belgische import van gallium gerapporteerd in 2018. Gallium wordt gewonnen uit bauxiet. De nieuwste cijfers op EU-niveau zijn uit 2012: 8 ton aan gallium werd in de EU gewonnen uit bauxieterts en 40 ton aan gallium werd naar de EU geëxporteerd in de vorm van bauxieterts.¹⁵

4.5 Indium

België importeert indium voornamelijk vanuit China (92%). Canada en Groot-Brittannië zijn de andere leveranciers.

Figuur 37 Indium-import naar België (2018)



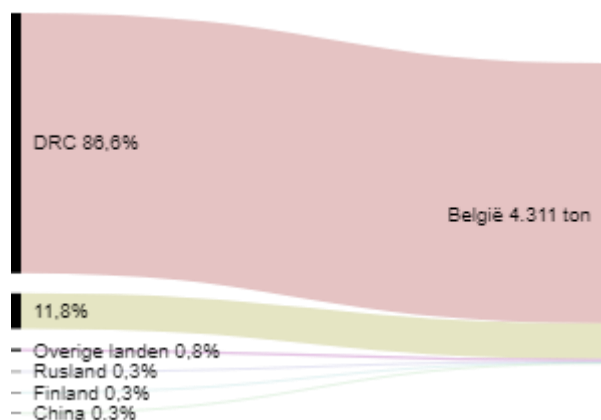
Indium komt voornamelijk voor bij zinkerts en in mindere mate bij koper- en looderts. Indium wordt als een bijproduct van zink gezien.¹⁶ Volgens de EU is er in Europa één fabriek die indium kan winnen: de smelterij van Nyrstar in het Franse Aubuy.¹⁷ Nyrstar produceerde 29,8 ton indium in 2017 en 42,6 ton indium in 2018.¹⁸

Volgens de U.S. Geological Survey werd er in 2018 in België echter ook 20 ton indium verwerkt. Dat is ongeveer 2,6% van de mondiale productie.¹⁹ Het Belgische bedrijf Umicore stelt een jaarlijkse raffinagecapaciteit van 50 ton indium te hebben.²⁰

4.6 Kobalt

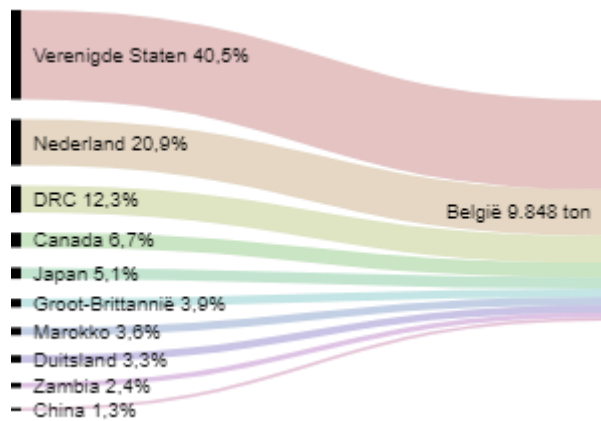
België importeert kobalt voornamelijk uit de Democratische Republiek Congo (86.6%) en Congo-Brazzaville (11.8%).

Figuur 38 Kobalt-import naar België (2018)



België importeert verwerkte kobalt en halffabrikaten van kobalt voornamelijk uit de Verenigde Staten (40.5%). Nederland (20.9%) en de Democratische Republiek Congo (12.3%) zijn ook belangrijke leveranciers.

Figuur 39 Kobalthalffabrikaten en verwerkte kobalt-import naar België (2018)

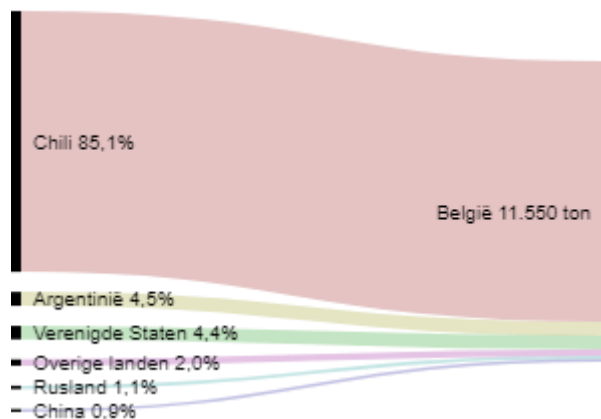


In de EU wordt door België, Finland en Frankrijk jaarlijks ongeveer 15 kiloton van buiten de EU geïmporteerde kobalterts geraffineerd.²¹ België (6%) was in 2016 na China (46%), Finland (13%) en Canada (6%) de grootste raffinadeur van kobalt.²² Dit komt voornamelijk op naam van Umicore. Umicore is wereldwijd de enige kobaltsmelterij die voldoet aan de standaarden van het Responsible Minerals Initiative.²³

4.7 Lithium

België importeert lithium voornamelijk uit Chili (85,1%). Andere belangrijke exporteurs zijn Argentinië en de Verenigde Staten.

Figuur 40 Lithium-import naar België (2018)



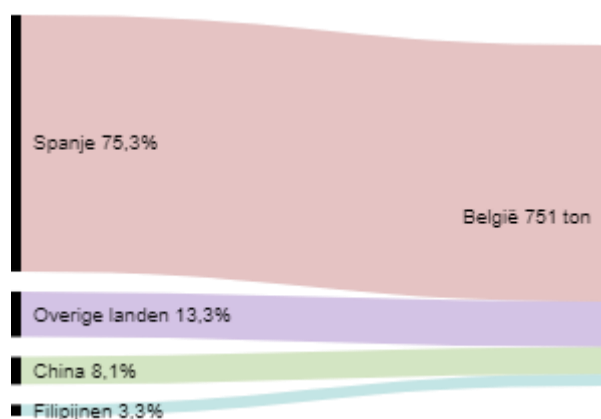
4.8 Neodymium en praseodymium

Neodymium en praseodymium worden in de Eurostat-database geaggregeerd in een HS-code met andere metalen. In 2018 heeft alleen Oostenrijk een kleine hoeveelheid van deze metalen naar België geëxporteerd.

4.9 Selenium en tellurium

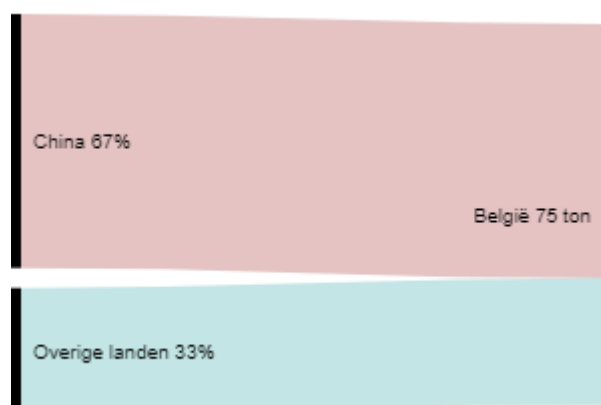
België importeert selenium voornamelijk uit Spanje (75.3%). China, Nederland en de Filipijnen zijn andere belangrijke exporteurs. Het Belgische bedrijf Umicore stelt een jaarlijkse raffinagecapaciteit van 300 ton selenium te hebben.²⁴ Selenium wordt gewonnen als bijproduct van koper.²⁵ Dat betekent dat het land dat selenium exporteert niet per se het land is waar de selenium is gedolven.

Figuur 41 Selenium-import naar België (2018)



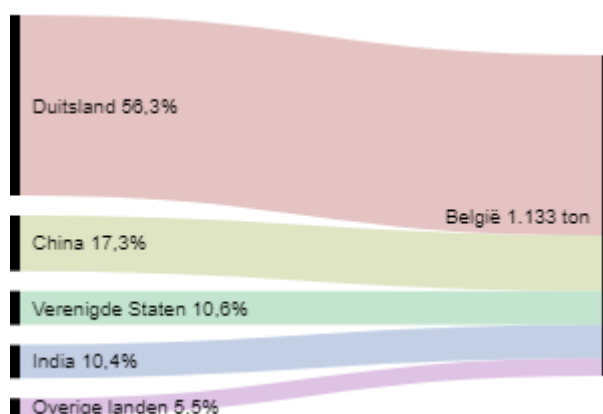
België importeert tellurium voornamelijk uit China (67%) en Nederland (24%). Het Belgische bedrijf Umicore stelt een jaarlijkse raffinagecapaciteit van 150 ton tellurium te hebben.²⁶ Tellurium wordt gewonnen als bijproduct van koper.²⁷ Dat betekent dat het land dat tellurium exporteert niet per se het land is waar de tellurium is gedolven.

Figuur 42 Tellurium-import naar België (2018)



Daarnaast importeert België uit selenium of tellurium gewonnen zouten. Duitsland (56.3%) is daarin de belangrijkste exporteur voor België.

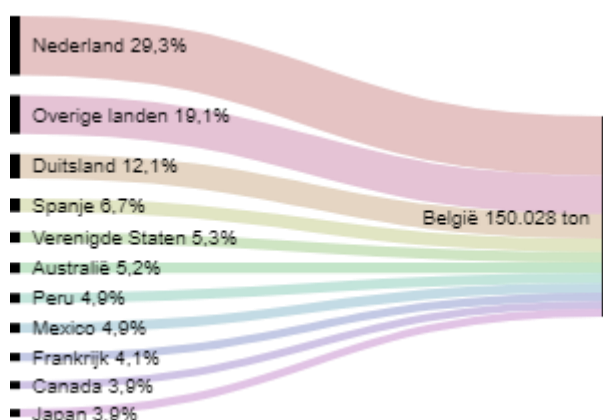
Figuur 43 Uit selenium of tellurium gewonnen zouten:-import naar België (2018)



4.10 Zilver

België importeert kleine hoeveelheden zilver uit Duitsland, Japan en de Verenigde Staten. De import van zilver in België bestaat voornamelijk uit gebruikt zilver. Dit importeert België uit 84 landen. De top tien van exporteurs naar België staat in Figuur 44. Van deze landen zijn de Verenigde Staten, Australië, Peru en Mexico ook belangrijke producenten van zilver.

Figuur 44 Gebruikt zilver:-import naar België (2018)



Het Belgische bedrijf Umicore stelt een jaarlijkse raffinagecapaciteit van 2.400 ton zilver te hebben.²⁸

4.11 Import zonnepanelen, windturbines en accu's van elektrische auto's

De productie van zonnepanelen, windturbines en accu's van elektrische auto's vindt voornamelijk buiten België plaats. In deze sectie wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste productielanden van deze producten. Het is waarschijnlijk dat de productielanden hun grondstoffen grosso modo uit de landen importeren waar de productie van grondstoffen het hoogst is. In dit onderzoek is geen ruimte om dieper in te gaan op de bevoorradingsketen van de producenten van zonnepanelen, windturbines en accu's van elektrische auto's.

4.11.1 Zonnepanelen

In 2017 was China met een aandeel van 72% de grootste producent van zonnepanelen ter wereld. Zuid-Korea (7%) en Maleisië (6%) zijn de andere grote producenten. Slechts 2% van de zonnepanelen wordt in Europa geproduceerd.²⁹

4.11.2 Windturbines

In 2018 was het Deense Vestas de grootste producent van windturbines ter wereld. Vestas heeft een marktaandeel van 20.3%. Maar liefst acht van de vijftien grootste windturbineproducenten ter wereld komen uit China, maar slechts één Chinees bedrijf, Goldwind (wereldwijde marktaandeel 13.8%), behoort buiten China tot de top tien van producenten.³⁰ In Europa wordt bijna de gehele windturbineproductie door Europese bedrijven verzorgd.³¹

Zoals te zien is in Tabel 2, produceren Vestas en de andere grote Westerse producenten hun windturbines in verschillende landen. Het is daardoor moeilijk om vast te stellen waar de neodymium, praseodymium en terbium in de windturbines van deze producenten vandaan komen. Het gaat hierbij om de productie van de turbines en niet om de wieken en de as.

De producenten publiceren zelf geen informatie over hun mineraleninkoop.

Tabel 2 Productielocaties windturbines van grootste Westerse producenten

Producent	Hoofdkwartier	Wereldwijde marktaandeel	Productielocaties
Vestas ³²	Denemarken	20.3%	Denemarken, Spanje, Duitsland, China
Siemens Gamesa ³³	Duitsland/Spanje	12.3%	Duitsland, Denemarken, Spanje, China, India, Verenigde Staten, Brazilië
GE Renewable Energy ³⁴	Verenigde Staten	10.0%	Verenigde Staten, Brazilië, China, India, Vietnam, Duitsland
Enercon ³⁵	Duitsland	5.5%	Duitsland, Portugal

Global Wind Energy Council (2019. april), "GWEC: 1 in 5 wind turbines installed by Vestas in 2018, according to new market intelligence report", online: gwec.net/gwec:-1-in-5-wind-turbines-are-installed-by-vestas,-according-to-new-market-intelligence-report/, bekeken in september 2019.

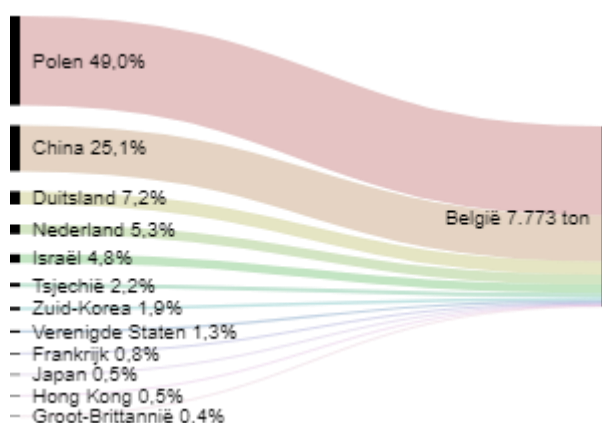
De Global Wind Energy Council verwacht dat er een verdere consolidatie in de windturbine markt plaats zal vinden: met name de kleinere Chinese producenten zullen hun windturbineproductie moeten staken door de toenemende concurrentie van grotere partijen.³⁶

4.11.3 Accu's van elektrische auto's

Volgens onderzoek van de Financial Times zal in 2020 84% van de lithium-ion batterijen die in elektrische auto's gebruikt worden, in China of de Verenigde Staten geproduceerd worden. Daarna volgen Zuid-Korea en in mindere mate Polen als producent.³⁷

België importeert lithiumcellen, -batterijen en -accumulators voornamelijk uit Polen en China. Polen is in Europa de grootste producent van accu's voor elektrische auto's, met LG Chem als belangrijkste producent.³⁸ Duitsland en Nederland zijn ook belangrijke leveranciers. In Figuur 45 is alleen de top tien van exporteurs naar België weergegeven. Meer dan veertig landen exporteren deze lithiumproducten naar België. Deze batterijen hebben ook andere toepassingen, zoals in andere elektrische vervoersmiddelen en mobiele telefoons. Deze uitsplitsing geeft daarom slechts een indicatie van de herkomst van lithiumproducten voor elektrische auto's.

Figuur 45 Lithiumcellen, -batterijen en -accumulators-import naar België (2018)



Eurostat (2019, juli), *EU trade since 1988 by HS2,4,6 and CN8 (DS-645593)*.

Onderzoekers van Wood McKenzie verwachten dat er tegen 2025 tekorten aan kobalt, lithium en nikkel kunnen ontstaan, vanwege de grote vraag naar accu's voor elektrische auto's.³⁹ De komende jaren kan er echter nog ruimschoots aan de vraag naar lithium voldaan worden: nieuw gewonnen lithium uit Argentinië, Australië en Chili komt waarschijnlijk de komende jaren op de markt, stellen onderzoekers van de Amerikaanse bank Morgan Stanley.⁴⁰

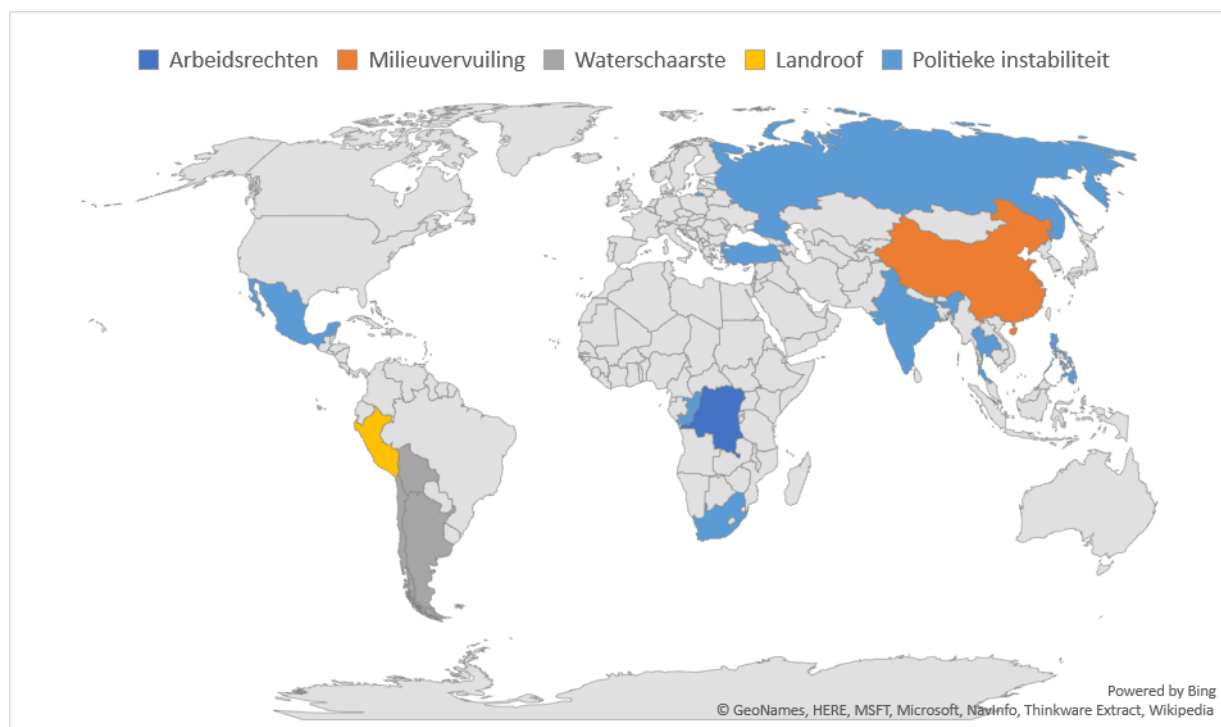
Hoofdstuk 5 Sociale- en milieuimpact

Mijnbouwactiviteiten hebben een grote impact op het milieu en de leefomstandigheden van werknemers en omwonenden. Dit geldt niet alleen voor de activiteiten die op grote schaal nodig zijn om fossiele brandstoffen als kolen en gas te winnen, maar ook voor de grondstoffen die nodig zijn voor de energietransitie. Het delven van de mineralen die voor de energietransitie nodig zijn gaat soms gepaard met de volgende problemen:

- Arbeidsrechtenschendingen;
- Landroof;
- Waterschaarste;
- Milieuvervuiling en biodiversiteit; en
- Politieke instabiliteit.

In dit hoofdstuk worden deze vijf problemen kort beschreven en door casussen geïllustreerd. De landen en sectoren in de casussen zijn geselecteerd op basis van de mineralen benodigd voor de Belgische energietransitie en de belangrijkste productielanden van de geselecteerde mineralen (zie sectie 1.5 voor meer uitleg). De geografische spreiding van de casussen is op de wereldkaart in Figuur 46 te zien.

Figuur 46 Locatie casussen over sociale- en milieuimpact



5.1 Arbeidsrechtenschendingen

De International Labour Organisation (ILO) beschouwt de mijnbouw als één van de gevaarlijkste sectoren voor werknemers: het aantal en percentage dodelijke ongelukken, verwondingen en ziektes in de mijnbouwsector is erg hoog. Beschermende kleding en materialen zijn niet altijd beschikbaar en veiligheidsprotocollen worden niet altijd nageleefd. Gedwongen arbeid komt nog veel voor in de mijnbouwsector.⁴¹ Het inkomen van arbeiders in de mijnbouw is vaak niet voldoende om van rond te kunnen komen.⁴² Volgens de International Trade Union Confederation worden de internationale arbeidsrechten in mijnbouwlanden als de Democratische Republiek Congo (DRC), Bolivia, China, de Verenigde Staten, Peru en Argentinië vaak niet gerespecteerd.⁴³

Daarbij stelt de ILO dat er wereldwijd 1 miljoen kinderen in de mijnbouw werken. Het gaat vaak om kinderen die door hun ouders meegenomen zijn naar het werk. De ouders verdienen doorgaans niet voldoende om een gezin te onderhouden, waardoor ze zich genoodzaakt zien om ook hun kinderen een bijdrage te laten leveren aan de gezinsinkomsten. Kinderen worden voor allerlei taken ingezet, waaronder de meest gevaarlijke activiteiten. Kinderen kunnen door hun kleine postuur makkelijker in mijnschachten en -tunnels manoeuvreren, waardoor ze worden ingezet voor het winnen van mineralen. Kinderen zijn ook actief boven de grond bij het schoonmaken, verwerken, en vervoeren van mineralen. Dit werk is zwaar en bovendien kunnen kinderen makkelijk in aanraking komen met giftige en explosieve stoffen. Daarbij vindt mijnbouw vaak plaats in afgelegen gebieden waar de wetshandhaving zwak is en sociale voorzieningen en scholen afwezig zijn.⁴⁴

Volgens het Business and Human Rights Resource Centre zijn de 37 grootste kobalt-, koper-, lithium-, mangaan-, nikkel- en zinkmijnbouwbedrijven in de laatste jaren betrokken bij 167 zaken over mensenrechtenschendingen.⁴⁵

5.1.1 Casus: kobalt uit de DRC

De DRC is de grootste producent van kobalt. In 2018 kwam meer dan de helft van de wereldproductie van kobalt uit de DRC. Daarbij bezit de DRC ongeveer de helft van de wereldwijde kobaltreserves.⁴⁶

In de kleinschalige mijnbouw in de DRC vindt op grote schaal kinderarbeid plaats. Volgens UNICEF werkten er in 2014 40.000 kinderen in de kobaltmijnen in de DRC. Sommige kinderen zijn jonger dan tien jaar en ook zij delven kobalt onder zware en onveilige omstandigheden in mijnen.⁴⁷ Er zijn regelmatig dodelijke ongelukken.⁴⁸ In juni 2019 vielen er nog tientallen dodelijke slachtoffers bij een ongeval in een kobalt- en kopermijn van Glencore in de Katanga-regio.⁴⁹

Onderzoekers van de KU Leuven hebben in de urine van mijnbouwers en omwonenden, waaronder kinderen, van de kobaltmijnen in de DRC een verhoogde concentratie van kobalt en andere mineralen gevonden. Bij kinderen in het mijnbouwgebied is meer DNA-schade gevonden dan bij kinderen uit een controlegroep. Daarbij is er een grotere kans op aangeboren afwijkingen bij kinderen in het mijnbouwgebied. Het is nog niet bekend wat op lange termijn de gezondheidseffecten van een verhoogde blootstelling aan kobalt zijn.⁵⁰

5.2 Landroof

Om de bewoners en gebruikers van land te beschermen tegen de ongewenste effecten van dergelijke veranderingen is door de Verenigde Naties het *Free, Prior and Informed Consent*-principe (FPIC) opgesteld.⁵¹ Als de vraag naar grondstoffen voor de energietransitie toeneemt, dan zullen er nieuwe mijnen aangelegd moeten worden in gebied dat nu nog gevrijwaard is van mijnbouw. Als mijnbouwbedrijven activiteiten willen ontplooiën in gebied dat al in gebruik is door inheemse volken, andere lokale gemeenschappen of door kleinschalige en ambachtelijke mijnbouwers, dan dienen die bedrijven zich te houden aan het FPIC-principe.

Het Europese Parlement stelt in een rapport uit 2016 dat landroof onder andere de volgende mensenrechten schendt:⁵²

- Het recht op adequate voeding en nutritie;
- Het recht op water en sanitair;
- Het recht op gezondheid;
- Het recht op woonruimte; en
- Het recht op werk.

Grootschalige landvererving is echter een veelvoorkomend probleem in de mijnbouwindustrie. Stukken land worden door overheden en bedrijven van bewoners afgenomen zonder hun instemming en zonder compensatie. Het betreft vaak land van inheemse gemeenschappen. Deze gemeenschappen zijn voor hun economische en sociale activiteiten afhankelijk van het land waar zij al eeuwen wonen. Ze hebben vaak geen officiële eigendomspapieren, omdat hun bezit is gebaseerd op gewoonterecht.⁵³ Daarbij criminaliseert landroof door overheden de kleinschalige en artisanale mijnbouw door lokale mijnbouwers. Dit veroorzaakt regelmatig gewelddadige conflicten tussen buitenlandse mijnbouwbedrijven en de lokale mijnbouwers.⁵⁴

Bewoners en belangenvertegenwoordigers van bewoners die zich hier tegen verweren, ofwel landrechtenactivisten, zijn hun leven niet zeker. In 2018 werden wereldwijd 43 activisten vermoord vanwege hun verzet tegen de mijnbouwsector.⁵⁵

5.2.1 Casus: lithium uit Zuid-Amerika

Argentinië en Chili zijn twee belangrijke leveranciers van lithium aan België. Een groot deel van de wereldwijde lithiumreserve is te vinden in de zogenaamde Lithiumdriehoek in Argentinië, Chili en Bolivia.⁵⁶

In Argentinië worden de landrechten van bevolkingsgroepen regelmatig geschonden.⁵⁷ Bijvoorbeeld bij de gemeenschappen in Jujuy in het Argentijnse Olaroz-Cauchari. De NGO FARN geeft aan dat er bij het uitgeven van de mijnbouwconcessies door de lokale overheid niet goed is gekeken naar de belangen van de bevolking. Zo zou er geen onafhankelijk onderzoek naar de milieu-impact hebben plaatsgevonden en zou de bevolking niet voldoende zijn geïnformeerd. Bovendien krijgt de lokale bevolking slechts duizenden dollars vergoeding per jaar, terwijl het mijnbouwbedrijf een jaaromzet verwacht van honderden miljoenen dollars.⁵⁸

5.2.2 Casus: zilver uit Peru

Peru is een belangrijke leverancier van zilver aan België. Ook hier zijn de landrechten van bewoners geschonden. In 2017 legden protesten van de Oyon-gemeenschap de productie een week stil in de Uchucchacua zilver-, zink- en loodmijn van mijnbouwbedrijf Buenaventura. De lokale gemeenschap protesteerde tegen de te lage compensatie voor het gebruik van hun inheemse land.⁵⁹

5.3 Waterschaarste

Mijnbouw vereist grote hoeveelheden water. Water wordt onder andere gebruikt voor het delven van mineralen, stofbestrijding, slibafvoer en het frezen van mineralen.⁶⁰

Indien mijnbouw plaatsvindt in gebieden waar water niet overvloedig voorradig is, dan kan het grote gevolgen hebben voor de beschikbaarheid van schoon drinkwater, water voor landbouw en andere economische activiteiten.⁶¹ Waterschaarste is één van de dringendste problemen in de mijnbouwindustrie. Als er onvoldoende water beschikbaar is, dan kunnen de grondstoffen die benodigd zijn voor de energietransitie niet gewonnen worden.⁶²

De productie van de zeldzame aardmetalen dysprosium, neodymium en praseodymium vindt voornamelijk in China plaats. Het delven van deze grondstoffen in China wordt steeds lastiger, omdat er waterschaarste heerst in de gebieden waar de reserves zich bevinden.⁶³ Ook in andere belangrijke mijnbouwgebieden als Australië, Zuid-Afrika en Midden-Amerika dreigen er watertekorten te ontstaan. Dit wordt deels veroorzaakt door de grote hoeveelheden water die de mijnbouwindustrie gebruikt.⁶⁴ Zo gebruikte de Marlin goudmijn in Guatemala, beheert door het Canadese Goldcorp via haar dochteronderneming Montana Exploradora, tot wel 45,000 liter water per uur. De lokale bevolking had daardoor te lijden onder een gebrek aan water. De mijn is in 2017 gesloten na protesten van de lokale bevolking.⁶⁵

5.3.1 Casus: lithium uit Zuid-Amerika

Het Center for Environmental Systems Research van de Universiteit van Kassel heeft berekend dat de lithiummijnbouw in de Zuid-Amerikaanse Lithiumdriehoek de waterschaarste in het gebied in 2050 zeer kan hebben verergerd.⁶⁶

In Argentinië strijden lokale bevolkingsgroepen tegen de lithiummijnen die hun waterbronnen dreigen uit te putten. De lithiummijnbouw vereist grote hoeveelheden water om de grondstof te kunnen winnen. Bij de lithiummijnbouw wordt pekkel (water met een hoog zoutgehalte) opgepompt uit ondergrondse bronnen. Het zoute water wordt vervolgens in bassins verdampt door de zon. Het lithiumcarbonaat ligt na het verdampen voor het oprapen. De Zuid-Amerikaanse lithiumwinning uit zoutmeren (pekkel) heeft een kleinere watervoetafdruk dan de Australische lithiumwinning uit hard gesteente. Desondanks is het watergebruik in de lithiummijnbouw in Chili en Argentinië zo hoog dat er in 2019 al projecten uitgesteld zijn.⁶⁷ Investerings in lithiummijnbouw zijn volgens het Argentijnse Ministerie van Mijnbouw tussen 2015 en 2018 met 928% toegenomen. De druk die dit zet op de watervoorraden van de lokale bevolking is onvoldoende meegenomen in het toekennen van vergunningen.⁶⁸

In Chili zorgt de lithiummijnbouw op de Salar de Atacama, een enorme zoutvlakte, voor waterschaarste bij de omliggende dorpen. Volgens de lokale gemeenschappen wordt er niet alleen zout water maar ook zoet water uit de omgeving opgepompt door de twee bedrijven die vrijwel de hele Chileense lithiummijnbouw controleren, SQM (een Chileens staatsbedrijf) en Albemarle (een Amerikaans bedrijf).⁶⁹ Het zoete water wordt gebruikt om mijnbouwmachines en pijpleidingen schoon te maken, alsmede om potas (een bestandsmiddel van kunstmest) te winnen uit de pekkel. De zoetwatervoorraden bestaan uit regen- en smeltwater uit de Andes. De natuurlijke aanvoer van zoetwater is niet voldoende om de lithiumwinning met de huidige mijnbouwmethoden decennia voort te laten duren.⁷⁰ De lokale gemeenschappen leven van veeteelt (onder andere het houden van lama's) en akkerbouw, maar hebben steeds minder zoetwater tot hun beschikking. Zij vrezen binnen afzienbare tijd geen water voor eigen consumptie, veeteelt en akkerbouw meer tot hun

beschikking te hebben. Overheidsinstanties en bedrijven houden er hun eigen meetmethodes op na, waardoor het moeilijk is om in te schatten hoeveel water er precies gebruikt wordt voor de lithiummijnbouw. Het meten van de watervoetafdruk wordt vermoeilijkt doordat de kopermijnbouw in dezelfde regio ook gebruikt maakt van dezelfde waterbronnen.⁷¹ In 2019 kampt Chili met één van de ergste droogtes in de afgelopen zestig jaar.⁷²

In 2018 behaalde SQM 14% van haar lithium-gerelateerde omzet uit verkoop aan Europa. SQM heeft in België een dochteronderneming, SQM Europe B.V., voor de verkoop- en distributie van haar producten. Het bedrijf geeft niet aan welke producten dit zijn. Andere dochterondernemingen van SQM in België zijn:⁷³

- SQM Internacional N.V. (activiteiten onbekend);
- Plantacote N.V. (actief in kunstmestproductie);

Albemarle heeft haar hoofdkwartier voor Europa, het Midden-Oosten en Afrika in België gevestigd. Albemarle gebruikt dit hoofdkwartier voor "*verkoop, zaken, administratie en lobby*".⁷⁴ Het gaat hierbij onder andere om de lithiumdivisie van Albemarle. Daarbij is dochteronderneming Albemarle Europe Sprl in België gevestigd.⁷⁵

De rechtstreekse import van lithium naar België kwam in 2018 voor 85% uit Chili (zie paragraaf 4.7). Verder onderzoek dient uit te wijzen in welke producten in Chili geproduceerde lithium op de Belgische markt terechtkomt.

5.4 Milieuvervuiling en biodiversiteit

Mijnbouw is over het algemeen een vervuilende activiteit, die de bodem-, lucht- en waterkwaliteit aantast. Destructie van natuurlijke leefomgevingen, ontbossing, vervuiling en bodemerosie zijn veelvoorkomende gevolgen van mijnbouw.⁷⁶

Verlies aan biodiversiteit ontstaat wanneer de afgravingen van een mijn het leefgebied van dier- en plantsoorten hebben beschadigd of zelfs helemaal vernietigd. De impact is vooral ernstig wanneer het om bedreigde soorten gaat, omdat zelfs een kleine verandering in hun leefomgeving van grote invloed kan zijn op het voortbestaan van de soort.

Ontbossing ontstaat doordat bomen worden gekapt om de winning van grondstoffen mogelijk te maken. De ontbossing blijft niet beperkt tot de mijnbouwconcessies, want er worden bossen gekapt om de benodigde infrastructuur aan te leggen: wegen en spoorlijnen die het transport van de grondstoffen naar havens mogelijk maken, gebouwen waar werknemers wonen en vliegvelden die vervoer naar de werkplek mogelijk maken. Daarnaast worden mijnbouwactiviteiten steeds vaker van energie voorzien door de waterkracht die grootschalige dammen leveren.⁷⁷ Door de ontbossing en graafwerkzaamheden bij het delven van grondstoffen kan bodemerosie ontstaan.⁷⁸ Mijnbouwfal wordt vaak opgevangen in kunstmatige bassins en bodemerosie kan de dammen die het mijnbouwfal op de plaats moeten houden aantasten. In Brazilië zijn er de laatste jaren twee grote damdoorbraken bij dergelijke bassins geweest. De laatste was begin 2019, waarbij een dam van de Brumadinho-mijn van het Braziliaanse bedrijf Vale het begaf en 300 mensen omkwamen in de modderstroom. Het mijnbouwfal heeft omliggende waterwegen voor jaren vervuild.⁷⁹

5.4.1 Casus: neodymium uit China

China is de grootste producent van neodymium. Alhoewel er geen directe export van neodymium van China naar België plaatsvindt, is het geziens China rol in de sector wel waarschijnlijk dat de windturbinecomponenten die in China geproduceerd zijn, neodymium bevatten die in China gedolven is. Bij het delven van neodymium wordt er uranium en thorium gebruikt. Deze radioactieve elementen worden daarna geloosd in een kunstmatig meer met afvalwater. Dit lekt vervolgens weg naar het grondwater, waardoor mensen en dieren ziek worden. Het vergiftigde water vermengd zich ook met grondwater dat de Gele Rivier inloopt. De Gele Rivier is een belangrijke waterweg en watervoorziening in China.⁸⁰ Het opruimen van het mijnbouwfal kost volgens de Chinese overheid ongeveer USD 5,5 miljard.⁸¹

5.4.2 Casus: kobalt uit de DRC

De toename van kobaltmijnbouw in de DRC bedreigt de biodiversiteit in de Katanga-regio. De nieuw aangelegde wegen maken het mogelijk om kobalt te winnen in deze voorheen onaangestaste bossen, maar verstoren en verkleinen ook de natuurlijke habitat van onder andere de mensapen en olifanten die in dit gebied leven.⁸²

5.5 Politieke instabiliteit

Mijnbouw is van grote invloed op de macro-economische ontwikkeling van landen met een instabiel politiek systeem of instabiele rechtsstaat, omdat de winning van grondstoffen kan leiden tot corruptie en een intransparante en ongelijke verdeling van de opbrengsten. Multinationale mijnbouwondernemingen voldoen niet altijd aan hun belastingplichten in de ontwikkelingslanden waar zij hun grondstoffen winnen. Daarbij vindt een deel van de mijnbouw plaats in landen waar de exploitatie en handel van mineralen gerelateerd is aan het financieren van conflicten.⁸³

Het Oostenrijkse Ministerie van Duurzaamheid en Toerisme heeft de productie van mineralen gekoppeld aan de politieke stabiliteit van landen. De politieke stabiliteit van landen bepaalt het ministerie aan de hand van de *Worldwide Governance Indicators* van de Wereldbank. Met die indicatoren deelt het ministerie de landen in in de volgende categorieën:⁸⁴

- Stabiel
- Redelijk
- Onstabiel
- Extreem onstabiel.

Voor 2017 komt het Oostenrijkse Ministerie van Duurzaamheid en Toerisme, voor de mineralen waarvoor productiedata beschikbaar is, tot de indeling in Tabel 3.

Tabel 3 Politieke stabiliteit in productielanden van mineralen (2017)

Politieke stabiliteit	Kobalt	Cadmium	Gallium	Indium	Lithium	Selenium	Tellurium	Zeldzame aardmetalen	Zilver
Stabiel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Redelijk	17%	54%	2%	53%	93%	63%	22%	14%	31%
Onstabiel	22%	46%	95%	47%	7%	37%	78%	86%	69%
Extreem onstabiel	61%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	1%

Oostenrijks Ministerie van Duurzaamheid en Toerisme (2018), *World Mining Data – 6.3c Political Stability*.

Het valt hierbij ten eerste op dat er geen mineralen worden geproduceerd in landen met een stabiel politiek klimaat. Daarbij moet wel gezegd worden dat er slechts vier landen zijn die het predikaat *Stabiel* krijgen:

- Groenland
- IJsland
- Malta
- Nieuw Zeeland

Vrijwel alle Europese landen worden geclassificeerd als *Redelijk*. Dit geldt ook voor belangrijke producenten als de Verenigde Staten, Argentinië, Australië en Canada.

Van de politiek *onstabiele* landen zijn de volgende landen belangrijke exporteurs van de geselecteerde mineralen naar België:

- China
- Rusland
- Congo-Brazzaville

- India
- Israël
- Mexico
- Peru
- Zuid-Afrika
- Thailand
- Filippijnen

Daarnaast zijn er nog twee landen die *extreem onstabiel* zijn en die belangrijke exporteurs van de geselecteerde mineralen naar België zijn:

- Democratische Republiek Congo (DRC)
- Turkije

Ten tweede valt op dat maar liefst 61% van de kobalt gewonnen wordt in het *extreem onstabiele* DRC. Gallium wordt voor 3% gewonnen in *extreem onstabiele* landen en zilver voor 1%. De andere mineralen worden niet of voor minder dan 1% gewonnen in *extreem onstabiele* landen. Dat neemt niet weg dat voor zeven van de negen mineralen waar data voor is, een groot gedeelte van de productie plaatsvindt in landen die *onstabiel* of *extreem onstabiel* zijn. Alleen bij lithium vindt vrijwel de gehele productie plaats in *redelijk stabiele* landen.

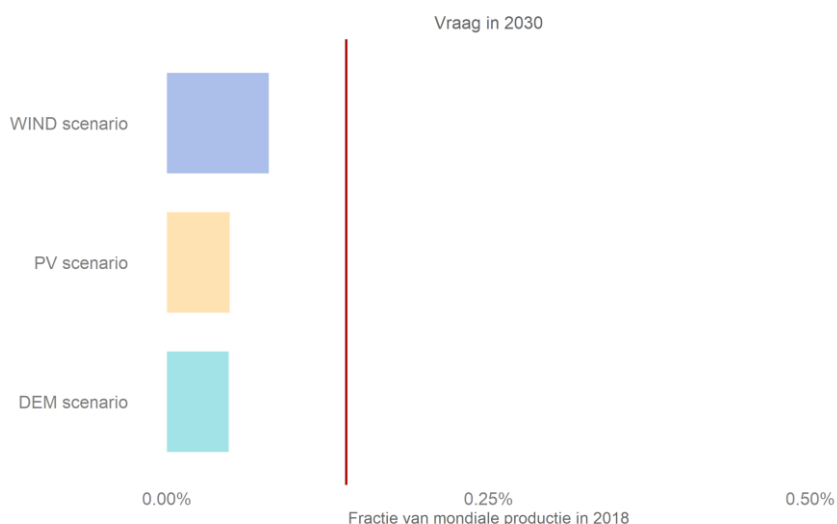
Daar moet bij vermeld worden dat de politieke stabiliteit in een land niet de enige indicator is voor de intensiteit van conflicten rond mijnbouw, of de graad van mensenrechtenschendingen rond de grondstofwinning. Zo laat de Environmental Justice Atlas zien dat er lokale mijnbouwconflicten plaatsvinden in redelijk stabiele landen als Canada, Ghana, Servië en de Verenigde Staten.⁸⁵ Het gaat hierbij vaak om een nationale overheid die belangen en rechten van lokale gemeenschappen of individuen niet voldoende respecteert.

Hoofdstuk 6 Grondstofbudget voor België

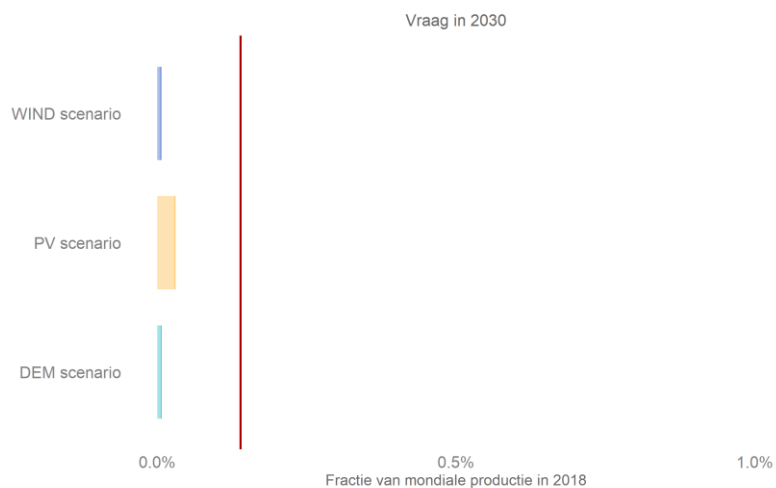
In de volgende figuren is voor alle grondstoffen de grondstofvraag en het *grondstofbudget* voor België weergegeven. In de figuren is steeds uitgegaan van de verschillende scenario's, zoals beschreven in Hoofdstuk 2. De rode lijn in de figuren geeft het Belgische budget aan. Deze wordt bepaald aan de hand van het bevolkingsaandeel van België in de wereld op basis van projecties van de VN voor 2030. Indien de grondstofvraag, weergegeven in de balken, de rode lijn overschrijdt, dan is er sprake van een grondstoftekort. Het is belangrijk hierbij op te merken dat de sociale en ecologische gevolgen van de ontginning niet in rekening is gebracht, en er dus zelfs in het geval van een 'eerlijk grondstofbudget' sprake kan zijn van dergelijke problemen. Het feller gekleurde gedeelte van elke balk geeft het bereik van de geschatte vraag aan waarbij het laagste percentage de ondergrens voorstelt indien de grondstof maximaal wordt gerecycleerd en het hoogste percentage de bovengrens van de vraag wanneer geen recyclage plaatsvindt. De analyse wees uit dat de mobiliteitsscenario's de vraag naar koper en nikkel domineren. Daarom wordt er hier geen combinatie van de energietransitie scenario's met de mobiliteitsscenario's gebruikt, maar wordt elk scenario apart gerapporteerd.

De vraag per jaar in 2030 uitgedrukt als fractie van de mondiale productie in 2018 wordt weergegeven in de figuren per grondstof.

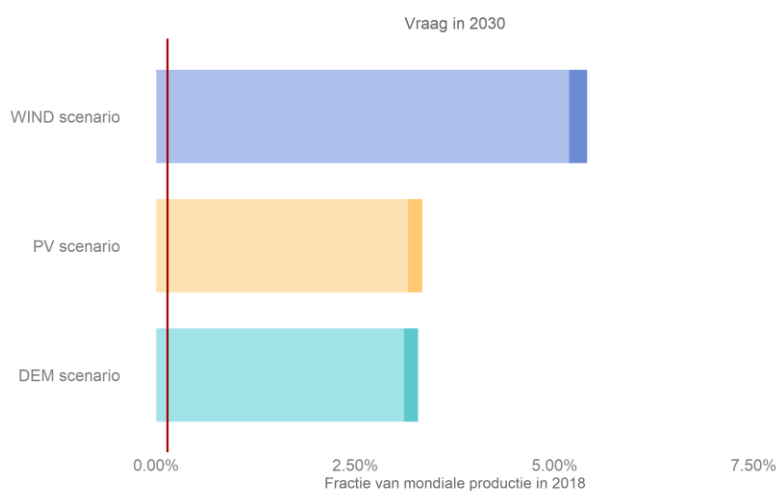
Figuur 47 Grondstofbudget van boor voor België



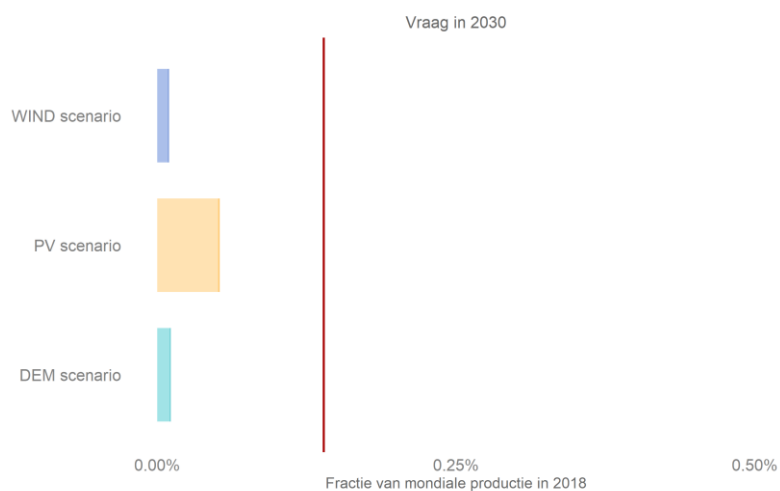
Figuur 48 Grondstofbudget van cadmium voor België



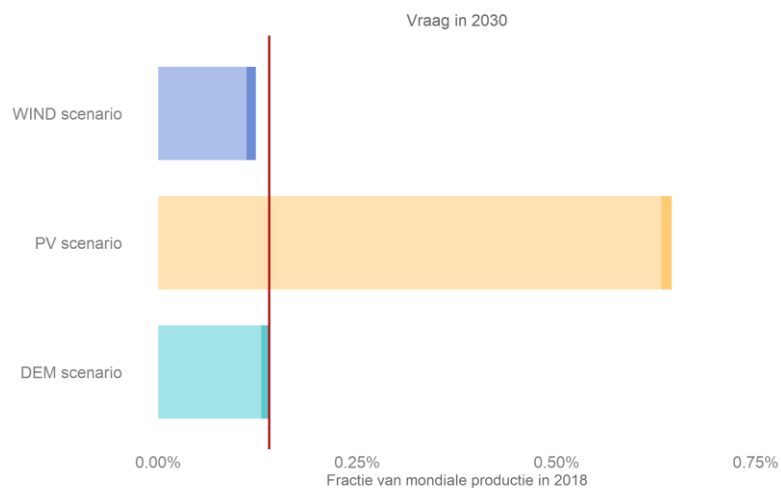
Figuur 49 Grondstofbudget van dysprosium voor België



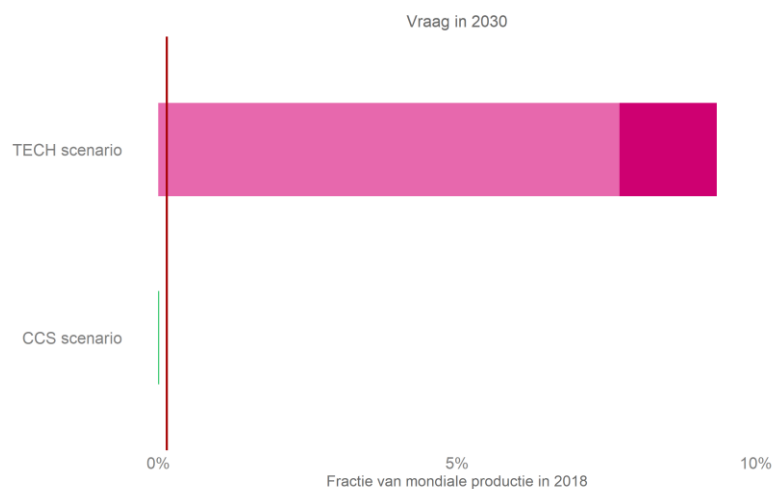
Figuur 50 Grondstofbudget van gallium voor België



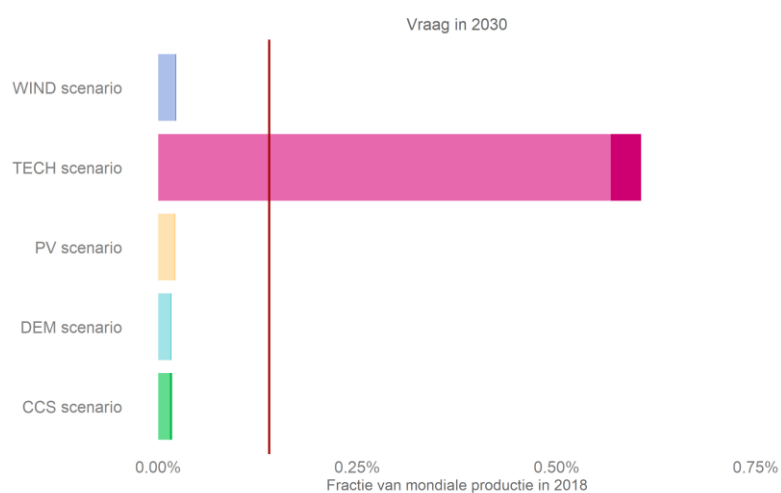
Figuur 51 Grondstofbudget van indium voor België



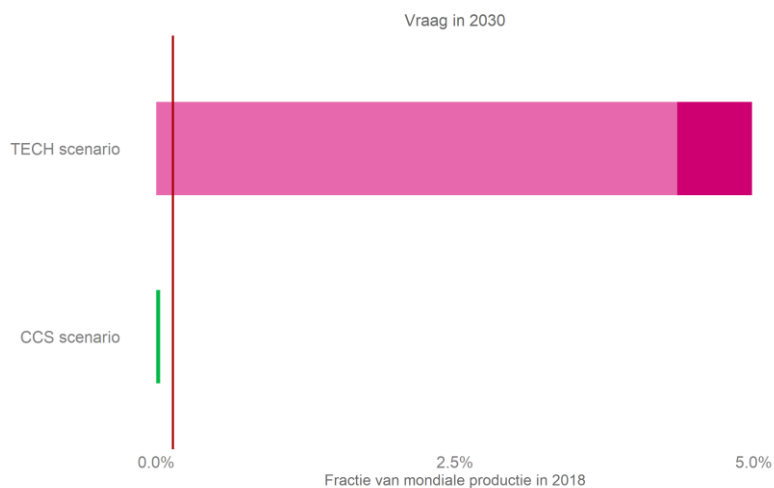
Figuur 52 Grondstofbudget van kobalt voor België



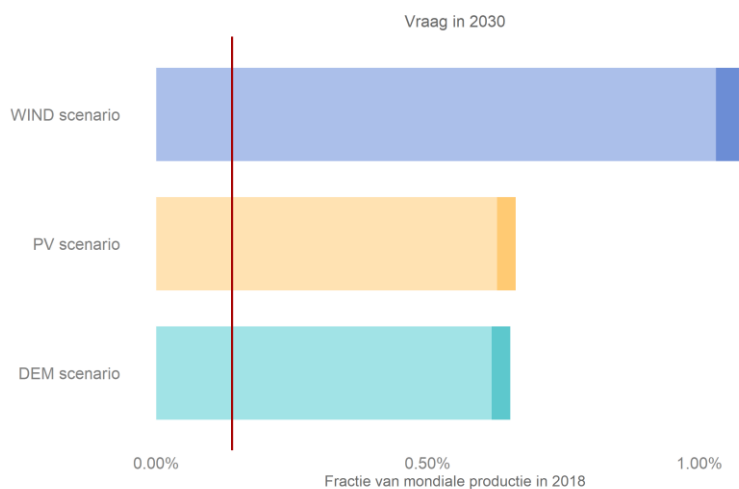
Figuur 53 Grondstofbudget van koper voor België



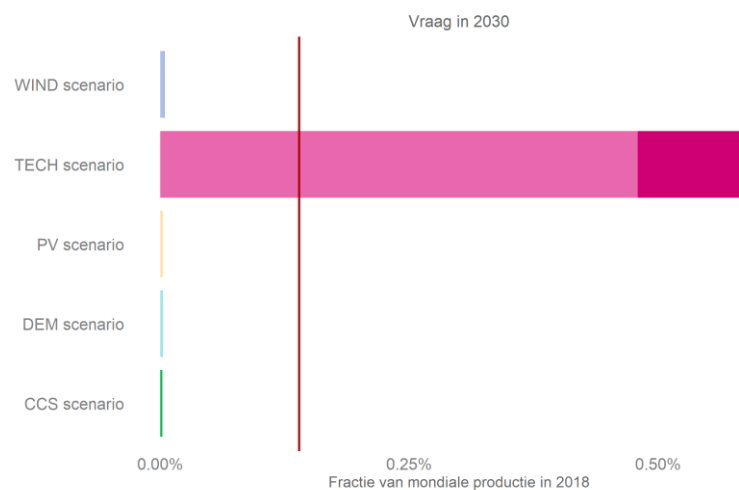
Figuur 54 Grondstofbudget van lithium voor België



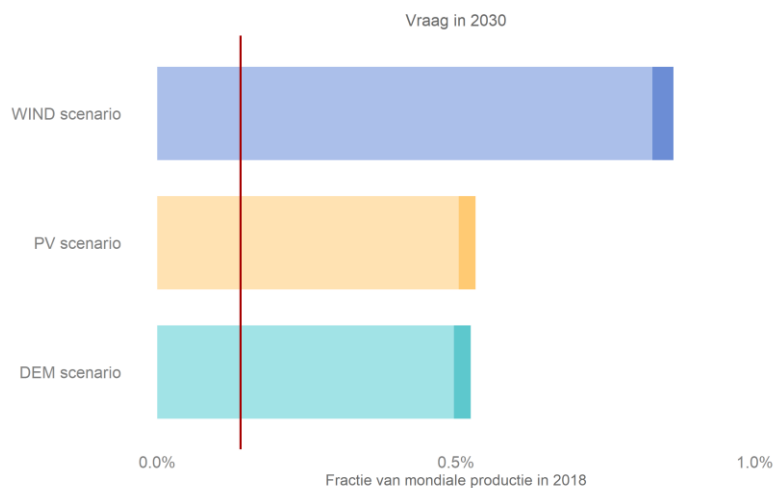
Figuur 55 Grondstofbudget van neodymium voor België



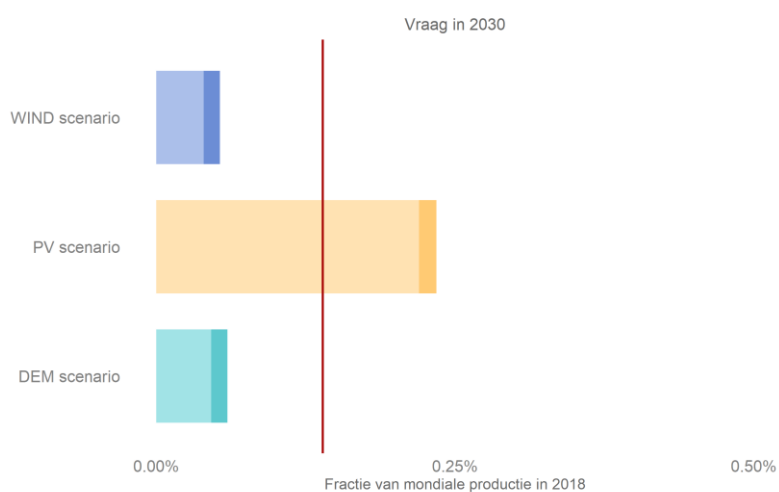
Figuur 56 Grondstofbudget van nikkel voor België



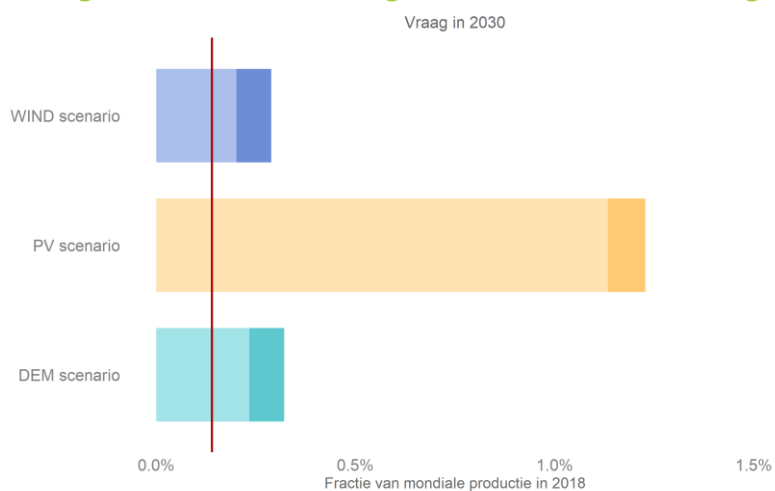
Figuur 57 Grondstofbudget van praseodymium voor België



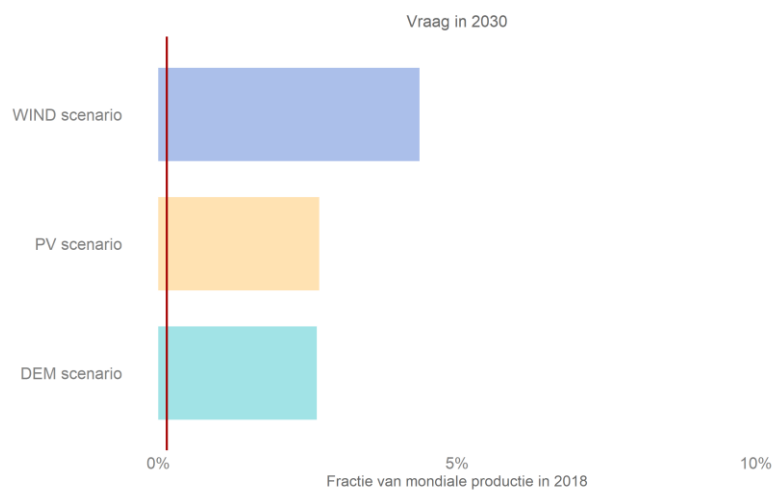
Figuur 58 Grondstofbudget van selenium voor België



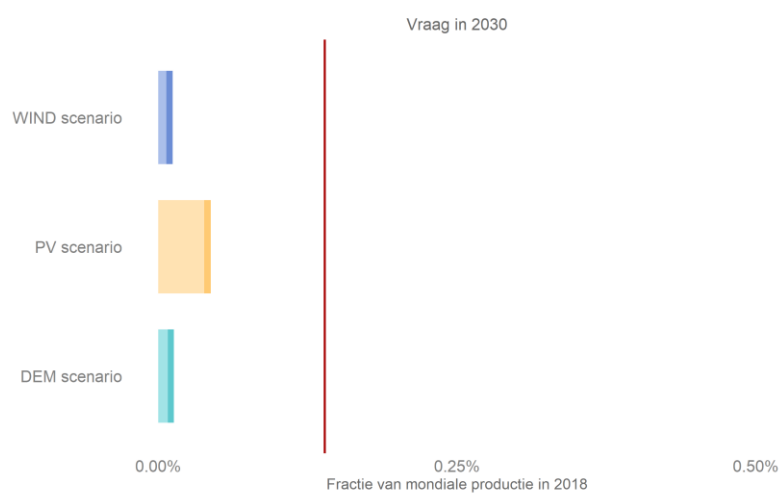
Figuur 59 Grondstofbudget van tellurium voor België



Figuur 60 Grondstofbudget van terbium voor België



Figuur 61 Grondstofbudget van zilver voor België



Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen

In dit onderzoek is gekeken naar de grondstofvraag voor de energietransitie en het overstappen naar duurzame mobiliteit in België. Daarnaast is gekeken naar de productie en de reserves van de betreffende grondstoffen. Het combineren van de grondstofvraag en de beschikbaarheid van de grondstoffen leidt tot het opstellen van een zogenaamd *grondstofbudget*. Het grondstofbudget bestaat uit het eerlijke aandeel van de grondstof waar België, per hoofd van de bevolking, aanspraak op kan maken. Hierbij is de verwachte bevolkingsgroei in België en de rest van de wereld als uitgangspunt genomen. Er wordt vanuit gegaan dat een inwoner van België evenveel recht heeft op grondstoffen als inwoners van andere landen. Indien deze redenering losgelaten wordt, dan kan het grondstofbudget van België hoger of lager uitvallen.

In sectie 7.2 zijn de aanbevelingen van de onderzoekers opgesomd.

7.1.1 Grondstoffenvraag energietransitie

In dit onderzoek is de Belgische grondstoffenvraag berekend volgens de scenario's voor de duurzame energietransitie afkomstig uit een studie van VITO/Federaal Planbureau/ICEDD. Hier worden drie scenario's voorgesteld waarbij 100% hernieuwbare energie wordt aangewend in 2050. In deze scenario's wordt niet alleen de huidige elektriciteitsproductie wordt meegenomen, maar ook andere vormen van primair energiegebruik zoals voor verwarming en transport. De drie scenario's zijn:

- **DEM-scenario:** in dit scenario stijgen de energieprijzen als gevolg van het tekort aan lokale energiebronnen die verondersteld worden om de energieproductie helemaal voor hun rekening te nemen;
- **PV-scenario:** in dit scenario worden fotovoltaïsche zonnepanelen op een grote schaal gebruikt voor energieopwekking door ze op een grote oppervlakte te plaatsen; en
- **WIND-scenario:** het potentieel van onshore en offshore wind wordt in dit scenario gevoelig verhoogd.

Op basis van het populatie-aandeel in de wereldbevolking bepaalt deze studie een fair 'budget' dat kan gebruikt worden tijdens de Belgische energie- en mobiliteitstransitie. Is het huidige productieniveau voldoende om aan de vraag te voldoen? Bij boor lijkt het mogelijke productieniveau in 2030 geen problemen te gaan opleveren. Bij indium, neodymium, praseodymium, selenium, tellurium en terbium moet de productie enorm verhoogd worden om in 2030 aan de jaarlijkse vraag te kunnen voldoen.

De zeldzame aardmetalen dysprosium, neodymium, praseodymium en terbium zijn weliswaar in vele landen aanwezig, maar de winning van deze grondstoffen is vaak niet economisch rendabel. Daarbij wordt de winning van zeldzame aardmetalen ernstig gehinderd door de sociale- en milieu-impact die ermee gepaard gaat. Met name in China, momenteel de belangrijkste producent van zeldzame aardmetalen, vervuult de mijnbouw het grondwater en belangrijke waterwegen. Deze milieuvervuiling heeft grote invloed op de volksgezondheid. Het is daarom onwaarschijnlijk dat de productie voldoende opgeschaald kan worden.

Tussen de drie scenario's is er wel verschil in de grondstofvraag en de mogelijke tekorten. Met name in het PV-scenario kunnen er in 2050 grote tekorten aan de benodigde grondstoffen ontstaan omdat fotovoltaïsche zonnepanelen op grote schaal gebruikt zullen worden voor energieopwekking.

In het DEM-scenario, een scenario waarbij de marktprijzen zich aanpassen om zo te leiden tot een lagere energievraag, is de algemene vraag naar grondstoffen het laagst. Desalniettemin moet ook hier de kanttekening worden gemaakt dat het scenario substantiële socio-economische gevolgen kan hebben. Zo kunnen gezinnen met beperkte koopkracht een verdere erosie ervaren van deze koopkracht en wordt het voor bedrijven duurder om in België te produceren. Dit zou gecorrigeerd kunnen worden door sterke inzet op energie-efficiëntie en vermindering en met sociale correcties via belastingvoordeel of subsidies voor gezinnen met een beperkte koopkracht. Het is ook aan te bevelen om verder onderzoek te doen naar een scenario waarin zowel de grondstoffenvraag laag is als de sociale gevolgen positief zijn..

Een scenario waarbij vooral wordt ingezet op zonne-energie (het PV-scenario) leidt tot een aanzienlijke toename in de vraag naar cadmium, gallium, indium, selenium, tellurium en ten slotte zilver. Echter, alle van deze grondstoffen met uitzondering van zilver worden aangewend in dunne film zonnepanelen. Zilver wordt dan weer voornamelijk gebruikt in de meer populaire kristallijne zonnepanelen. Dit benadrukt dat de keuze van de types zonnepanelen tevens van belang zijn en tevens onderhevig zullen zijn aan technologische ontwikkelingen.

Het derde scenario, waarbij windenergie een dominante plek inneemt, heeft vooral grondstoffen nodig voor de permanente magneten in de windturbines, namelijk neodymium, praseodymium, terbium en boor. Voor boor en terbium lijkt er weinig potentieel tot het terugwinnen van de relevante grondstoffen. Ondanks de onzekere economische haalbaarheid is de recyclage van de grondstoffen uit de specifieke applicaties waarin de grondstoffen zijn toegepast een manier om de materiaal voetafdruk aanzienlijk te verminderen.

7.1.2 Grondstoffenvraag duurzame mobiliteit

In dit onderzoek is de grondstoffenvraag voor duurzame mobiliteit berekend volgens twee scenario's die gebaseerd zijn op het rapport van het Steunpunt Circulaire Economie. De twee scenario's zijn:

- **Technofix-scenario (TEC):** dit scenario veronderstelt dat er tegen 2030 enkel elektrische voertuigen verkocht worden. De lineaire toename begint in 2020 en in 2030 zijn 100% van de nieuw verkochte voertuigen elektrische voertuigen met batterij; en
- **Circulair Klimaatscenario (CCS):** in dit scenario is er een drastisch toegenomen bezettingsgraad door het implementeren van circulaire strategieën (autodelen, ritdelen) om de klimaatdoelstelling in 2030 te bereiken.

Bij kobalt, koper, lithium en nikkel moet de productie enorm verhoogd worden om in 2030 aan de jaarlijkse vraag te kunnen voldoen. Daarbij moet er voor de kobalt- en lithiumproductie rekening mee worden gehouden dat de productie niet eenvoudig opgeschaald kan worden, omdat de winning van deze grondstoffen ernstig gehinderd wordt door de sociale- en milieu-impact die ermee gepaard gaan. Om lithium te winnen is water nodig, terwijl de belangrijkste lithiumproducenten in Zuid-Amerika te lijden hebben onder waterschaarste. Kobalt wordt voornamelijk gewonnen in de Democratische Republiek Congo in een gebied dat rijk is aan biologische diversiteit. De arbeidsomstandigheden in de kobaltmijnbouw zijn zeer slecht en kinderarbeid is een veevoorkomend probleem.

Het TEC-scenario, waarbij uitsluitend wordt gekeken naar het maken van de overstap naar elektrische auto's, gaat gepaard met een aanzienlijke materiaalvraag. Enkele kritieke metalen zoals kobalt en lithium zijn van groot belang voor de Li-ion batterijen waar nu nog mee gewerkt wordt, waardoor een toekomst met uitsluitend elektrische voertuigen leidt tot een enorme toename in de vraag van deze grondstoffen. Indien er meer wordt ingezet op het verhogen van de huidige bezettingsgraad van voertuigen door het verhogen van bijvoorbeeld autodelen, kan de cumulatieve vraag naar deze grondstoffen worden beperkt.

7.2 Aanbevelingen

De energietransitie en de overstap op duurzame mobiliteit zijn noodzakelijk om aan de doelstellingen van het Klimaatakkoord van Parijs te voldoen. Bij het bereiken van dit doel moet er echter voldoende rekening gehouden worden met ongewenste bijeffecten. Net als bij de mijnbouw voor niet-hernieuwbare energie en fossiele brandstoffen, is het van groot belang om naar de sociale- en milieu-impact van het delven van grondstoffen te kijken. Daarbij is de voorraad van de benodigde grondstoffen niet oneindig.

Op basis van dit onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan over de grondstoffenvraag voor de Belgische energietransitie en overstap naar duurzame mobiliteit:

1. De Belgische overheid kan de berekeningen van de grondstofvraag en de verwachte grondstoffenschaarste in de verschillende scenario's gebruiken om het beleid ten aanzien van de energietransitie bij te sturen. Een dergelijke inschatting van de grondstofvraag kan onderdeel zijn van de klimaatplannen. Daarbij is het nuttig om in te zetten op de types zonnepanelen en windturbines die de kleinste grondstofvraag hebben. Dit is ook relevant voor het beperken van prijsstijgingen van de relevante grondstoffen. Deze prijsstijgingen kunnen ook de transitie naar duurzame energie in ontwikkelingslanden ondermijnen. In deze landen zijn er opportuniteiten om tegemoet te komen aan de toename in de vraag naar elektriciteit door direct naar duurzame energiebronnen over te gaan. Echter, ongelijke verdeling van de reserves kan betekenen dat deze landen uitgesloten worden, waardoor ze op koolstof-intensieve methodes moeten terugvallen;
2. Deze studie steunt uitsluitend op de huidige beschikbare technieken en de inschatting van efficiëntieverbeteringen van deze toepassingen. Het is zeer realistisch dat nieuwe technieken ontwikkeld zullen worden. Deze technieken zullen de vraag naar duurzame energie-applicaties als windturbines en zonnepanelen beïnvloeden en eveneens de vraag naar materialen gelinkt aan de elektrificatie van het wagenpark. In dit kader is het aangewezen dat vanuit beleidsperspectief ook in de toekomst niet uitsluitend wordt gekeken naar de directe impact op de vermindering van de koolstofvoetafdruk door de specifieke applicaties, maar eveneens de materiaalvraag gebonden aan de applicaties;
3. Voor alle grondstoffen zou gedetailleerd in kaart moeten worden gebracht waar België het vandaan importeert. Om de negatieve sociale- en milieu-impact van de grondstofwinning zo klein mogelijk te houden, zou het goed zijn om de bestaande regelgeving over het inkoopbeleid van producenten van zonnepanelen, windturbines en batterijen voor elektrische auto's verder uit te breiden, op basis van internationaal erkende standaarden als de OECD Guidelines for Multinational Enterprises en de United Nations Guiding Principles on Business and Human Rights, alsmede de internationale initiatieven die de EU promoot ten aanzien van verantwoorde inkoop van grondstoffen.⁸⁶

4. De Belgische overheid kan respect voor mensenrechten en het milieu in de volledige toeleveringsketen van grondstoffen en andere producten gerelateerd aan de energietransitie garanderen door in te zetten op nationale en internationale regelgeving die bedrijven een zorgplicht oplegt.
5. Voor alle relevante grondstoffen moet er volop ingezet worden op recycling. Het recyclen van gebruikte apparatuur is veel minder vervuilend en heeft een veel kleinere ecologische impact dan het winnen van nieuwe grondstoffen. Daarbij zijn de wereldwijde reserves lang niet altijd voldoende om de volledige vraag voor het produceren van nieuwe producten op te vangen. Dit betekent dat er nood is aan een effectief recyclagesysteem dat tegelijkertijd succesvol al de applicaties die zijn gefaald, inzamelt en daarnaast optimaal recycleert. De economische haalbaarheid van de recyclage van sommige grondstoffen is soms beperkt, verdere technologische ontwikkelingen alsook de optimale herinschakeling van de gerecycleerde grondstoffen kan de economische haalbaarheid verbeteren en zo de druk op ontginnende landen verminderen;
6. De scenario's voor mobiliteit tonen aan dat oplossingen niet alleen moeten gezocht worden in nieuwe technologieën inschakelen voor energie-generatie en elektrificatie van het wagenpark, maar dat ook gewijzigde consumptiemodellen belangrijk kunnen zijn in het verminderen van de druk van de vraag naar grondstoffen. Beleid kan in deze zin een belangrijke sturende rol spelen;
7. De mogelijkheid om grondstofreserves te winnen is van vele macroeconomische en politieke factoren afhankelijk, waaronder:
 - technologische ontwikkelingen;
 - het prijsniveau van grondstoffen en energie;
 - de gevolgen voor mens en milieu;
 - de politieke stabiliteit in het land waar de grondstof gewonnen wordt; en
 - handelsrelaties met de producerende landen.

Het Belgische beleid omtrent de energietransitie zal met deze factoren rekening moeten houden. Het verdient daarom aanbeveling om regelmatig het beleid en de uitvoering daarvan te toetsen aan deze maatschappelijke ontwikkelingen.

Bijlage 1 HS-codes

De volgende HS-codes uit Eurostat zijn gebruikt bij het berekenen van de import per grondstof.

Tabel 4 HS-codes uit Eurostat per grondstof

Mineraal	Product	HS-code
Boor	Boron	28045010
	Oxides of boron; boric acids	2810
Cadmium ^{xii}	Cadmium oxide	28259060
	Sulphates of <i>cadmium</i> , of chromium and of zinc	28332920*
	Nitrates of barium, of beryllium, of <i>cadmium</i> , of cobalt, of nickel and of lead	28342920*
	Cadmium and articles thereof, n.e.s.; cadmium waste and scrap (excl. ash and residues containing cadmium)	8107
	Europium, gadolinium, terbium, <i>dysprosium</i> , holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium and yttrium, of a purity by weight of >=95% (excl. intermixtures and interalloys)	28053030*
Dysprosium	Compounds of europium, gadolinium, terbium, <i>dysprosium</i> , holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium or yttrium, inorganic or organic	28469020*
Gallium	Unwrought gallium; gallium powders	81129289
	Articles of <i>gallium</i> or indium, n.e.s.	81129980*
Indium	Articles of gallium or <i>indium</i> , n.e.s.	81129980*
	Unwrought indium; indium powders	81129281
Kobalt	Cobalt, ores, concentrates	2605
	Cobalt, oxides, hydroxides	2822
	Cobalt, chlorides	28273930
	Sulphates, <i>cobalt</i> , titanium	28332930*
	Nitrates of barium, of beryllium, of cadmium, of <i>cobalt</i> , of nickel and of lead	28342920*
	Cobalt mattes and other intermediate products of cobalt metallurgy; cobalt and articles thereof, n.e.s.; cobalt waste and scrap (excl. ash and residues containing cobalt)	8105

^{xii} Nickel-cadmium accumulators worden soms gebruikt in elektrische auto's. Echter, de grote meerderheid van nickel-cadmium accumulators wordt voor andere doeleinden gebruikt. De categorie 'Nickel-cadmium accumulators (excl. spent) - 850730' is daarom niet gebruikt.

Mineraal	Product	HS-code
	Cobalt waste and scrap (excl. ash and residues containing cobalt)	810530
	Articles of cobalt, n.e.s.	810590
Lithium	Lithium oxide and hydroxide	282520
	Lithium carbonates	283691
	Lithium cells and batteries, in the form of cylindrical cells (excl. spent)	85065010
	Lithium-ion accumulators (excl. spent)	850760
Neodymium	Cerium, lanthanum, praseodymium, <i>neodymium</i> and samarium, of a purity by weight of $\geq 95\%$ (excl. intermixtures and interalloys)	28053020*
Praseodymium	Cerium, lanthanum, <i>praseodymium</i> , neodymium and samarium, of a purity by weight of $\geq 95\%$ (excl. intermixtures and interalloys)	28053020*
Selenium	Selenium	280490
	Salts, double salts or complex salts of <i>selenium</i> or tellurium acids	28429010*
Tellurium	Tellurium	28045090
	Salts, double salts or complex salts of selenium or <i>tellurium</i> acids	28429010
Terbium	Europium, gadolinium, <i>terbium</i> , dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium and yttrium, of a purity by weight of $\geq 95\%$ (excl. intermixtures and interalloys)	28053030*
	Compounds of europium, gadolinium, <i>terbium</i> , dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutetium or yttrium, inorganic or organic	28469020*
Zilver	Silver ores and concentrates	261610
	Silver compounds, inorganic or organic, whether or not chemically defined (excl. of mercury and silver nitrate)	284329
	Waste and scrap of silver, incl. metal clad with silver, and other waste and scrap containing silver or silver compounds, of a kind used principally for the recovery of precious metal (excl. ash, and waste and scrap of precious metals melted down into unworked blocks, ingots or similar forms)	711299

Eurostat (2019, juli), *EU trade since 1988 by HS2,4,6 and CN8 (DS-645593)*.

* = de HS-code bestaat uit meerdere mineralen.

Bijlage 2 Grondstoffenreserves, resources en voorraden

Reserves zijn de grondstoffen die momenteel economisch gezien gewonnen kunnen. De reserves zijn een deel van de totale grondstoffen ('*resources*') van een land. *Resources* zijn de grondstoffen die in een land zijn aangetoond en die mogelijk economisch gezien gewonnen kunnen worden.

Om in te kunnen schatten of er voldoende van de mineralen geproduceerd kan worden om de energietransitie van grondstoffen te voorzien, is het ook nodig om naar de grondstofreserves te kijken. Echter, voor grondstofreserves is minder data beschikbaar dan voor grondstofproductie. Data over grondstofreserves is niet beschikbaar voor cadmium, gallium en indium. Dysprosium, neodymium, praseodymium en terbium zijn samengevoegd in de categorie zeldzame aardmetalen. Bovendien is de data minder betrouwbaar dan de productiedata, doordat de rapportage over reserves op vrijwillige wijze basis plaatsvindt door bedrijven en overheden.

Er is daarom gekozen om de grondstoffenreserves en *resources* niet te gebruiken in de berekeningen van het grondstofbudget van België. Mocht dezelfde rekenmethode wel toegepast worden op het grondstoffenbudget van België in 2050, dan is dit de conclusie:

Op basis van het populatie-aandeel in de wereldbevolking bepaalt deze studie een fair 'budget' dat kan gebruikt worden tijdens de Belgische energie- en mobiliteitstransitie.

Uit de berekeningen voor de energietransitie blijkt dat in 2050 dit budget voor cadmium, koper, nikkel, selenium en tellurium overschreden zal zijn. Bij neodymium, praseodymium en terbium zijn de reserves voor 2050 voldoende. Voor boor, dysprosium, gallium, indium zijn onvoldoende gegevens over de reserves bekend.

Uit de berekeningen blijkt dat in 2050 een tekort aan kobalt, koper, lithium, nikkel voor duurzame mobiliteit in België kan ontstaan. Bij zilver zijn de reserves voor 2050 net voldoende.

Tabel 5 Grondstofreserves per land (in tonnen - 2018)

Land	Boor	Indium	Kobalt	Lithium	Selenium	Tellurium	Zeldzame aardmetalen	Zilver
Argentinië	NA			2.000.000				NA
Australië			1.200.000	2.700.000			3.400.000	89.000
Brazilië				54.000			22.000.000	
Bolivia	NA							22.000
Canada		180	250.000		6.000	800		
Chili	35.000.000			8.000.000				26.000
China	24.000.000	10.400	80.000	1.000.000	26.000	6.600	44.000.000	41.000
Cuba			500.000					
DRC			3.400.000					
Fillipijnen			280.000					
India							6.900.000	
Madagaskar			140.000					
Maleisië							30.000	
Marokko			17.000					
Mexico								37.000
Myanmar			56.000					
Papua NG	4.000.000	480			13.000			110.000
Peru					3.000			110.000
Polen				60.000				
Portugal				NA				
Namibië	40.000.000	80	250.000		20.000	NA	12.000.000	45.000
Rusland	950.000.000				-			
Turkije	40.000.000	200	38.000	35.000	10.000	3.500	1.400.000	25.000
VS							22.000.000	
Vietnam				70.000				
Zimbabwe			24.000			-		
Zuid-Afrika						670		
Andere landen		3.700	640.000		21.000	16.000	4.400.000	57.000
Totaal wereld	1.093.000.000	15.040	6.900.000	14.000.000	99.000	31.000	120.000.000	560.000

NA= data niet beschikbaar.

Bron: U.S. Geological Survey (2019, februari), *Mineral Commodity Summaries 2019*.

Bron voor indium: Lokanc, M. Et al (2015), *The Availability of Indium: The Present, Medium Term, and Long Term*, National Renewable Energy Laboratory, p. 7.

Voor neodymium zijn de wereldreserves 8 miljoen ton, voor praseodymium 2 miljoen ton en voor terbium 300.000 ton. Er is voor deze zeldzame aardmetalen geen uitsplitsing per land. Voor de overkoepelende categorie *zeldzame aardmetalen* is er wel een uitsplitsing per land. Terbium valt ook onder de *zeldzame aardmetalen*.⁸⁷

De U.S. Geological Survey rapporteert de *resources* meestal niet structureel, maar vermeldt incidenteel de data voor sommige landen. In Tabel 6 worden de *resources* van de geselecteerde mineralen weergegeven. Dysprosium, neodymium, praseodymium en terbium zijn samengevoegd in de categorie zeldzame aardmetalen.

Tabel 6 Resources geselecteerde grondstoffen (2018)

Grondstoffen	Wereldwijde <i>resources</i>																
Boor	De grootste bronnen van boor zijn te vinden in Turkije . Ook in de VS, de Andes in Zuid-Amerika en de bergen in Zuid-Azië is boor beschikbaar. De USGS beschouwt de boor- <i>resources</i> als voldoende om, gegeven de huidige consumptieniveau's, in de nabije toekomst aan de vraag te voldoen. De USGS publiceert geen hoeveelheden.																
Cadmium	Cadmium wordt doorgaans gewonnen uit zink. Doorgaans bevat zink 0,03% cadmium. De wereldwijde <i>resources</i> van zink zijn 1,9 miljard ton. Dat betekent dat er wereldwijd waarschijnlijk 57.000 ton cadmium te delven is. De USGS geeft geen uitsplitsing van zink <i>resources</i> per land. De zink-reserves zijn het hoogst in Australië, China, Peru en Mexico . De productie van zink vindt momenteel vooral plaats in China (33%) en Peru (12%).																
Gallium	Gallium komt in minieme concentraties voor in bauxiet en zink. Wereldwijd is ongeveer 10% van de 1 miljoen ton in bauxiet aanwezig gallium te winnen. Voor het uit zink te winnen gallium worden geen hoeveelheden gegeven door de USGS. De zink-reserves zijn het hoogst in Australië, China, Peru en Mexico . De productie van zink vindt momenteel vooral plaats in China (33%) en Peru (12%). De wereldwijde <i>resources</i> van bauxiet zijn 55 tot 75 miljoen ton, verspreid over Afrika (32%), Oceanië (23%), Zuid-Amerika en het Caribisch gebied (21%), Azië (18%), en overige gebieden (6%). Australië, China, Guinee, Brazilië en India zijn momenteel de grootste producenten van bauxiet																
Indium	Indium wordt gewonnen uit zink. Zink bevat minieme concentraties indium. Er is geen data over hoeveelheden. De zink-reserves zijn het hoogst in Australië, China, Peru en Mexico . De productie van zink vindt momenteel vooral plaats in China (33%) en Peru (12%).																
Kobalt	Er is 25 miljoen ton kobalt op land geïdentificeerd. Het grootste gedeelte daarvan ligt in de DRC . Daarnaast zijn er <i>resources</i> in Australië, Canada, Cuba, Rusland en 1 miljoen ton in de VS . Er is 125 miljoen ton kobalt ontdekt op de bodem van de Atlantische, Indische en Grote Oceaan.																
Lithium	De lithium <i>resources</i> nemen jaarlijks toe door exploratie. Wereldwijd is er 62 miljoen ton lithium gevonden. Belangrijkste landen:																
	<table> <tr> <th></th><th>miljoen ton</th></tr> <tr> <td>Argentinië</td><td>14,80</td></tr> <tr> <td>Bolivia</td><td>9,00</td></tr> <tr> <td>Chili</td><td>8,50</td></tr> <tr> <td>Australië</td><td>7,70</td></tr> <tr> <td>China</td><td>4,50</td></tr> <tr> <td>Canada</td><td>2,00</td></tr> <tr> <td>Mexico:</td><td>1,70</td></tr> </table>		miljoen ton	Argentinië	14,80	Bolivia	9,00	Chili	8,50	Australië	7,70	China	4,50	Canada	2,00	Mexico:	1,70
	miljoen ton																
Argentinië	14,80																
Bolivia	9,00																
Chili	8,50																
Australië	7,70																
China	4,50																
Canada	2,00																
Mexico:	1,70																

Grondstoffen	Wereldwijde <i>resources</i>																														
	<table> <tr><td>Czech Republic</td><td>1,30</td></tr> <tr><td>DRC</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Rusland</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Servië</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>Zimbabwe</td><td>0,54</td></tr> <tr><td>Mali</td><td>0,40</td></tr> <tr><td>Spanje</td><td>0,40</td></tr> <tr><td>Brazilië</td><td>0,18</td></tr> <tr><td>Duitsland</td><td>0,18</td></tr> <tr><td>Peru</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>Portugal</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>Oostenrijk</td><td>0,07</td></tr> <tr><td>Kazachstan</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>Finland</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>Namibië</td><td>0,01</td></tr> </table>	Czech Republic	1,30	DRC	1,00	Rusland	1,00	Servië	1,00	Zimbabwe	0,54	Mali	0,40	Spanje	0,40	Brazilië	0,18	Duitsland	0,18	Peru	0,13	Portugal	0,13	Oostenrijk	0,07	Kazachstan	0,04	Finland	0,04	Namibië	0,01
Czech Republic	1,30																														
DRC	1,00																														
Rusland	1,00																														
Servië	1,00																														
Zimbabwe	0,54																														
Mali	0,40																														
Spanje	0,40																														
Brazilië	0,18																														
Duitsland	0,18																														
Peru	0,13																														
Portugal	0,13																														
Oostenrijk	0,07																														
Kazachstan	0,04																														
Finland	0,04																														
Namibië	0,01																														
Selenium	Selenium wordt gewonnen uit koper. Koper bevat minieme concentraties Selenium. Er is geen data over <i>resources</i> van selenium. Chili (28%), Peru (11%), China (8%) en de DRC (6%) zijn grootste producenten van koper. Er is wereldwijd 2.1 miljard ton koper geïdentificeerd als <i>resource</i> .																														
Tellurium	Meer dan 90% van de tellurium wordt gewonnen uit het raffinageproces van koper. De overige 10% komt van raffinage van lood en de smeltprocessen van goud-, bismut-, lood-zink- en kopererts. Er is geen data over hoeveelheden. Chili (28%), Peru (11%), China (8%) en de DRC (6%) zijn grootste producenten van koper. Er is wereldwijd 2.1 miljard ton koper geïdentificeerd als <i>resource</i> .																														
Zeldzame aardmetalen	Dysprosium, neodymium, praseodymium en terbium behoren tot de 17 zeldzame aardmetalen. Deze aardmetalen zijn weliswaar ruimschoots aanwezig over heel de wereld, maar op de meeste plaatsen kunnen de mineralen niet gedolven worden. Er is geen data per zeldzaam aardmetaal.																														
Zilver	Zilver wordt voornamelijk gewonnen als bijproduct van goud, koper, lood en zink. Er is geen data over hoeveelheden.																														

Bron: U.S. Geological Survey (2019, februari), *Mineral Commodity Summaries 2019*.

Naast de reserves en *resources* zijn er ook voorraden die landen aanhouden. Voorraden^{xiii} zijn gedolven mineralen, halfabrikaten en verwerkte mineralen die nog niet verhandeld zijn.⁸⁸

De meest recente data van de U.S. Geological Survey gaat over 2016. In Tabel 7 worden de voorraden per land weergegeven.

^{xiii} De definitie van 'Stocks' volgens de U.S. Geological Survey: "The term 'stock' refers to accumulations of mined ore and intermediate and refined mineral-based commodities that are in a form that meets buyer specifications, including certain ores such as bauxite, concentrates, smelter products, and refined metals'.

Tabel 7 Grondstofvoorraden per land (in 1.000 ton- 2016)

Land	Dysprosium	Gallium	Indium	Kobalt	Lithium	Selenium	Tellurium	Terbium	Zilver
België				2					
China ⁸⁹	161*	102	2,500	90		20	30	7*	3
Nederland				436					
Singapore				27					
Verenigde Staten ^{xiv}				165					5,000
Verenigde Staten 'National Defense Stockpile'				301	1				
Zuid-Korea		2				2			

Wilburn, D. (2016), *Global stocks of selected mineral-based commodities*, U.S. Geological Survey.

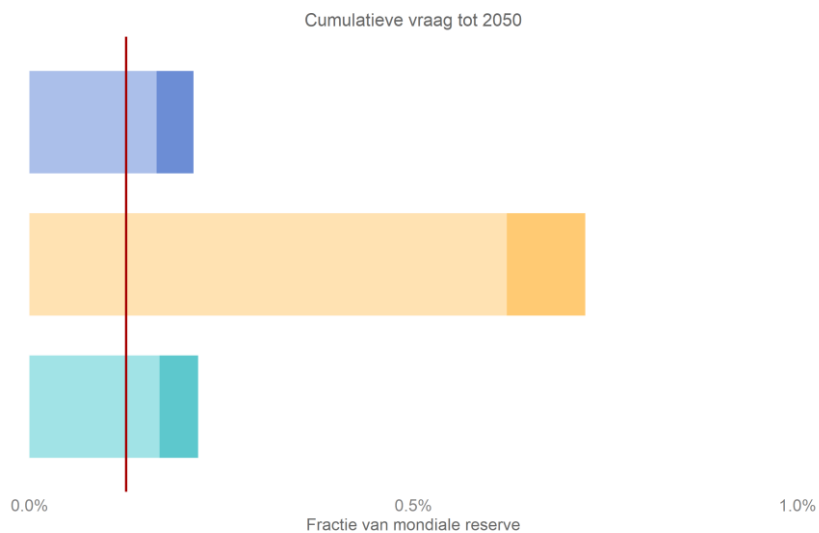
* = gegevens over 2015.

De volgende figuren geven weer hoe het grondstofbudget van België zich in 2050 verhoudt tot de grondstofreserves die in 2018 bekend zijn. De rode lijn in de figuren geeft het Belgische budget aan. Deze wordt bepaald aan de hand van het bevolkingsaandeel van België in de wereld op basis van projecties van de VN voor 2030. Indien de grondstofvraag, weergegeven in de balken, de rode lijn overschrijdt, dan is er sprake van een grondstoftekort. Het feller gekleurde gedeelte van elke balk geeft het bereik van de geschatte vraag aan waarbij het laagste percentage de ondergrens voorstelt indien de grondstof maximaal wordt gerecycleerd en het hoogste percentage de bovengrens van de vraag wanneer geen recyclage plaatsvindt.

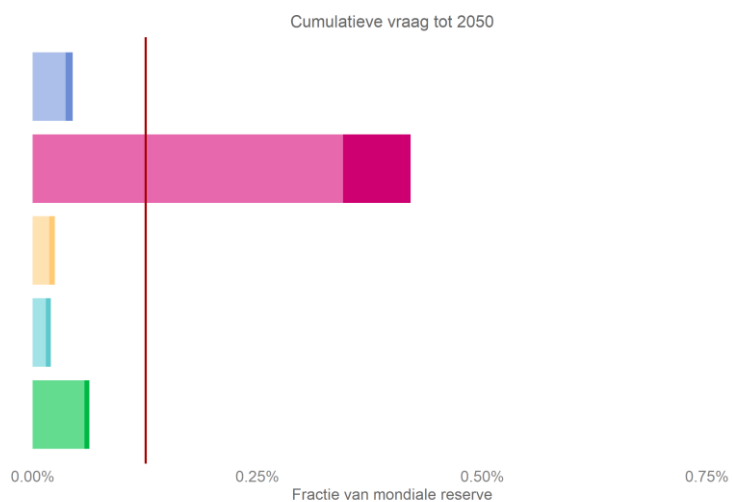
Nogmaals: deze figuren zijn slechts een indicatie en er kan niet op basis van deze figuren geconcludeerd worden dat er een tekort aan de grondstoffen gaat ontstaan. Daarvoor zijn de berekeningen in Hoofdstuk 6 een beter uitgangspunt.

^{xiv} De 'National Defense Stockpile' wordt apart gerapporteerd door de U.S. Geological Service.

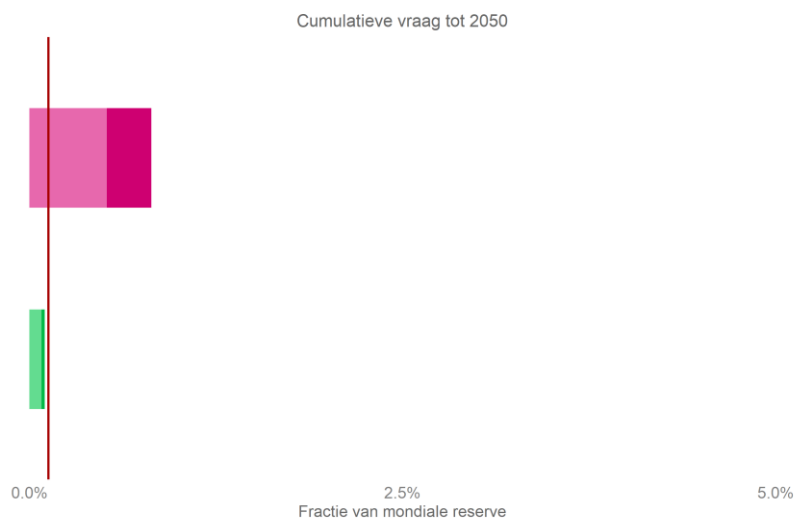
Figuur 62 Grondstofbudget van cadmium voor België



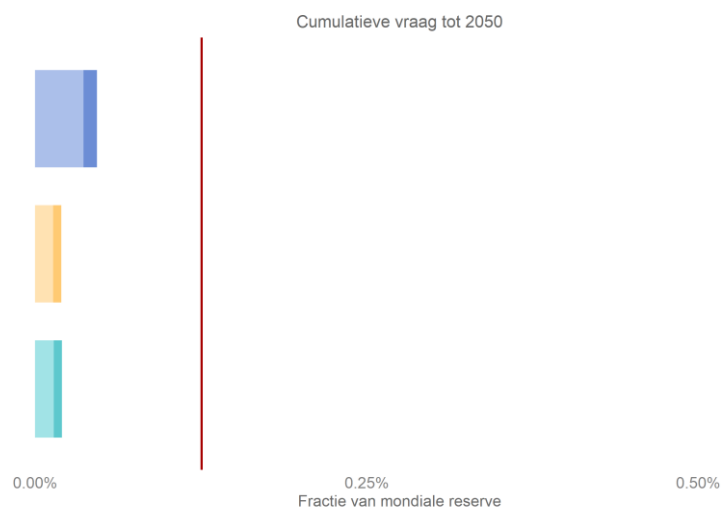
Figuur 63 Grondstofbudget van koper voor België



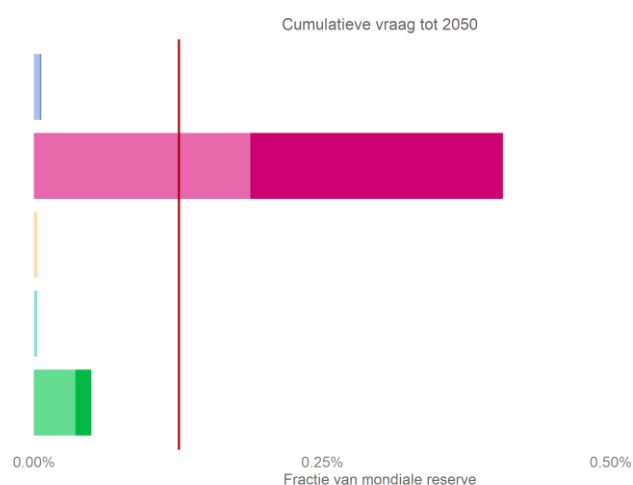
Figuur 64 Grondstofbudget van lithium voor België



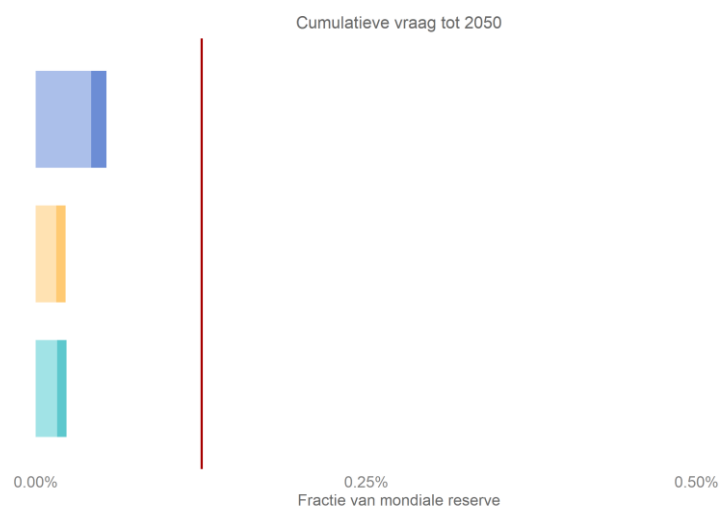
Figuur 65 Grondstofbudget van neodymium voor België



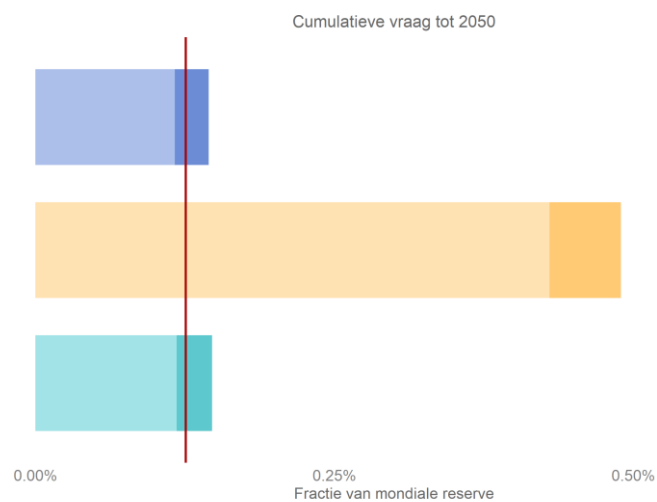
Figuur 66 Grondstofbudget van nikkel voor België



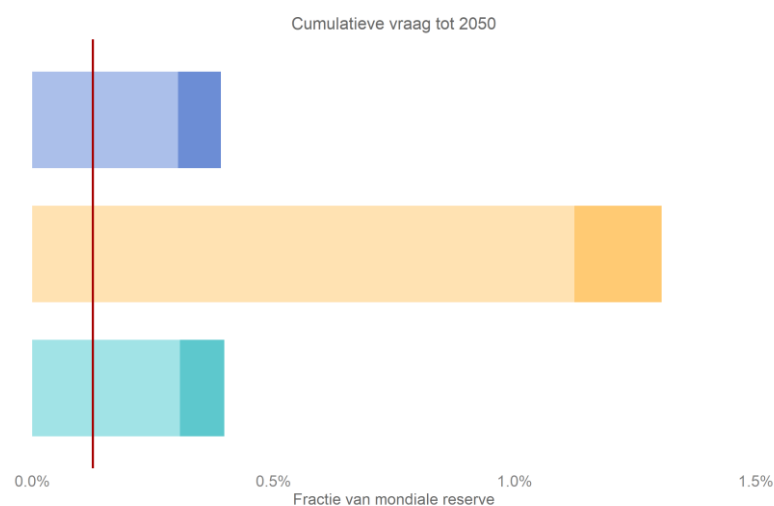
Figuur 67 Grondstofbudget van praseodymium voor België



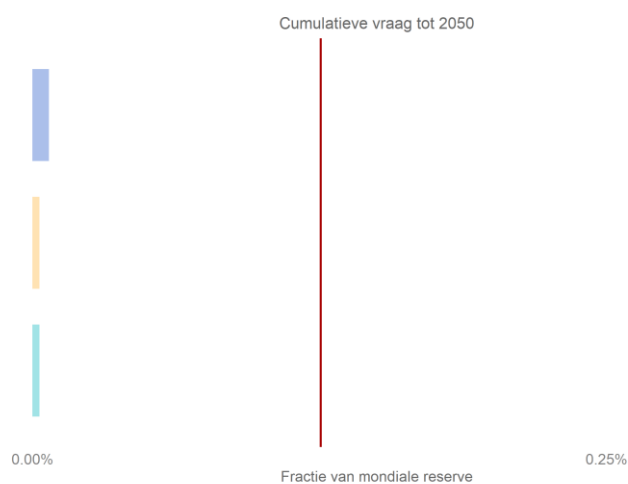
Figuur 68 Grondstofbudget van selenium voor België



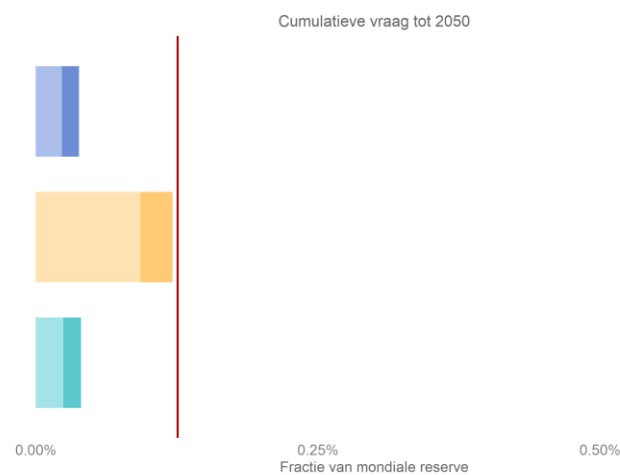
Figuur 69 Grondstofbudget van tellurium voor België



Figuur 70 Grondstofbudget van terbium voor België



Figuur 71 Grondstofbudget van zilver voor België



Bijlage 3 Tabellen met importdata

De volgende tabellen geven de importdata weer die in Hoofdstuk 4 in figuren is weergegeven.

Tabel 8 Boor-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
Rusland	1.780	29,0%
Peru	236	3,9%
Overige landen	4.125	67,1%
Totaal	6.141	100,0%

Tabel 9 Cadmium-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
Polen	676	26,6%
Frankrijk	581	22,9%
Canada	501	19,7%
Groot-Brittannië	228	8,9%
Zuid-Korea	189	7,4%
Mexico	140	5,5%
Japan	127	5,0%
Duitsland	50	2,0%
Nederland	32	1,2%
Peru	18	0,7%
China	2,5	0,1%
Totaal	2,544	100,0%

Tabel 10 Importcategoriën die cadmium bevatten naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
China	3.274	26,4%
Duitsland	2.505	20,2%
Nederland	1.780	14,3%
Italië	816	6,6%
Frankrijk	385	3,1%
Overige landen	205	1,6%
Totaal	12.407	100,0%

Tabel 11 Indium-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
China	2,4	92%
Canada	0,1	4%
Groot-Brittannië	0,1	4%
Totaal	2.6	100%

Tabel 12 Kobalt-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
DRC	3.735	86,6%
Congo-Brazzaville	509	11,8%
China	12	0,3%
Finland	12	0,3%
Rusland	12	0,3%
Overige landen	36	0,8%
Totaal	4.311	100%

Tabel 13 Kobalthalfabrikaten en verwerkte kobalt-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
Verenigde Staten	3.988	40,5%
Nederland	2.062	20,9%
DRC	1.211	12,3%
Canada	657	6,7%
Japan	507	5,1%
Marokko	350	3,6%
Groot-Brittannië	380	3,9%
Zambia	234	2,4%
Duitsland	329	3,3%
China	131	1,3%
Totaal	9.848	100%

Tabel 14 Lithium-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
Chili	9.825	85,1%
Argentinië	524	4,5%
Verenigde Staten	508	4,4%
Rusland	126	1,1%
China	106	0,9%
Overige landen	237	2,0%
Totaal	11.550	100%

Tabel 15 Selenium-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
Spanje	566	75,3%
China	61	8,1%
Filipijnen	25	3,3%
Overige landen	100	13,3%
Totaal	751	100%

Tabel 16 Tellurium-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
China	50	67%
Overige landen	25	33%
Totaal	75	100%

Tabel 17 Selenium of tellurium gewonnen zouten:-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
Duitsland	638	56,3%
China	196	17,3%
Verenigde Staten	120	10,6%
India	118	10,4%
Overige landen	62	5,5%
Totaal	1.133	100%

Tabel 18 Gebruikt zilver:-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
Nederland	43.890	29.3%
Duitsland	18.213	12.1%
Spanje	10.009	6.7%
Verenigde Staten	7.968	5.3%
Australië	7.730	5.2%
Peru	7.323	4.9%
Mexico	7.273	4.9%
Frankrijk	6.089	4.1%
Canada	5.853	3.9%
Japan	5.786	3.9%
Overige landen	28.655	19.1%
Totaal	150.028	100%

Tabel 19 Lithiumcellen, -batterijen en -accumulators-import naar België (in tonnen – 2018)

Exportland	Hoeveelheid	Percentage
Polen	3.802	49,0%
China	1.951	25,1%
Duitsland	563	7,2%
Nederland	412	5,3%
Israël	369	4,8%
Tsjechië	171	2,2%
Zuid-Korea	146	1,9%
Verenigde Staten	99	1,3%
Frankrijk	58	0,8%
Japan	41	0,5%
Hong Kong	39	0,5%
Groot-Brittannië	32	0,4%
Totaal	7.773	100%

Eurostat (2019, juli), *EU trade since 1988 by HS2,4,6 and CN8 (DS-645593)*.

Bronverwijzingen

- 1 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - Minerals policy, regulatory framework, relevant legislation in Belgium", Europese Commissie, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=member-states-legislation-08b84e, bekeken in december 2019.
- 2 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - International Initiatives", Europese Commissie, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=international-initiatives-392e53, bekeken in december 2019;
 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - Raw materials: environmental policy and legislative framework", Europese Commissie, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=environmental-policies-and-regulation-f7695f, bekeken in december 2019.
- 3 Laleman, R. (2009). *Het LCA profiel van Zonnepanelen in België*. Universiteit Gent.
- 4 Viebahn, P., Soukup, O., Samadi, S., Teubler, J., Wiesen, K., Ritthoff, M. (2015). *Assessing the need for critical minerals to shift the German energy system towards a high proportion of renewables*. Renewable and Sustainable Energy reviews. pp.655-671;
 Van Exter, P., Bosch, S., Schipper, B., El Hailouch, M. (2018). *Metaalvraag van de Nederlandse Energietransitie: Navigeren in een complexe keten*. Metabolic en Copper8.
- 5 Viebahn, P., Soukup, O., Samadi, S., Teubler, J., Wiesen, K., Ritthoff, M. (2015). *Assessing the need for critical minerals to shift the German energy system towards a high proportion of renewables*. Renewable and Sustainable Energy reviews. pp.655-671;
 Elshaki, A., Graedel, T.E. (2013). *Dynamic analysis of the global metal flows and stocks in electricity generation technologies*. Journal of Cleaner Production. 59;
 Moss, R.L., Tzimas, E., Kara, H., Willis, P., Kooroshy, J. (2011). *Critical Metals in Strategic Energy Technologies. Assessing Rare Metals as Supply-Chain Bottlenecks in Low-Carbon Energy Technologies*. European Commission;
 Månberger, A., Stenqvist, B. (2018). *Global metal flows in the renewable energy transition: Exploring the effects of substitutes, technological mix and development*. Energy Policy. 119. pp. 226-241;
 Davidsson, S., Höök, M. (2017). *Material Requirements and availability for multi-terrawatt deployment of photovoltaics*. Energy Policy. 108. pp. 574-582.
- 6 Domínguez, A., Geyer, R. (2019). *Photovoltaic waste assessment of major photovoltaic installations in the United States of America*. Renewable Energy. 133. pp. 1188-1200;
 Venkatesan, P. (2019). *Electrochemical recycling of rare earth elements from NdFeB magnet waste*. Dissertation. TU Delft.
- 7 Faulstich, S., Berkhout, V., Mayer, J., Siebenlist, D. (2016). *Modelling the failure behavior of wind turbines*. Journal of Physics: Conference Series. 749;
 Weckend, S., Wade, A., Heath, G. (2016). *End-of-life management solar photovoltaic panels*. IRENA.
- 8 Devogelaer, D., Duerinck, J., Gusbin, D., Marenne, Y., Nijs, W., Orsini, M., Pairon, M. (2013). *Towards 100% renewable energy in Belgium by 2050*.

- 9 Christis, M., Vercalsteren, A. (2019). *Impact of Circular Economy on achieving the climate targets: case mobility*. SuMMa. Publicatie nr.6.
- 10 U.S. Geological Survey (2019, februari), *Mineral Commodity Summaries 2019*,
U.S. Geological Survey (2016), *Belgium: Production of mineral commodities*.
- 11 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System", Europese Commissie, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=why-crms-have-a-supply-risk-8e8af9, bekeken in juli 2019.
- 12 British Geological Survey (2019, 9 juli), E-mailcommunicatie met Profundo;
U.S. Geological Survey (2019, 8 juli), E-mailcommunicatie met Profundo;
Oostenrijks Ministerie van Duurzaamheid en Toerisme (2019, 12 juli), E-mailcommunicatie met Profundo.
- 13 Månberger, A., Stenqvist, B. (2018). *Global metal flows in the renewable energy transition: Exploring the effects of substitutes, technological mix and development*. Energy Policy. 119. pp. 226-241.
- 14 Lenntech (n.d.), "Elements", online: www.lenntech.com/periodic/elements, bekeken in september 2019.
De datum waarover Lenntech rapporteert is onbekend. Omdat er geen andere bron is gevonden, hebben deze data meegenomen om toch een vergelijking met de benodigde hoeveelheid grondstoffen te kunnen maken.
- 15 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - Material flow analysis Data Platform - Gallium", *Europese Commissie*, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=mfa-inventory-fc6a02#/materials/gallium, bekeken in augustus 2019.
- 16 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - Material flow analysis Data Platform - Indium", *Europese Commissie*, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=mfa-inventory-fc6a02#/materials/indium, bekeken in juli 2019.
- 17 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - Material flow analysis Data Platform - Indium", *Europese Commissie*, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=mfa-inventory-fc6a02#/materials/indium, bekeken in juli 2019;
Nyrstar (2012, 20 september), *Indium facility at the Auby smelter*,
Nyrstar (2019), *Auby Smelter Factsheet*.
- 18 Nyrstar (2019), *Annual Report 2018*, p. 12.
- 19 U.S. Geological Survey (2019, februari), *Mineral Commodity Summaries – Indium*.
- 20 Umicore (n.d.), "Minor Metals", online: pmr.umicore.com/en/metals-products/minor-metals/, bekeken in augustus 2019.
- 21 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - Material flow analysis Data Platform - Cobalt", *Europese Commissie*, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=mfa-inventory-fc6a02#/materials/cobalt, bekeken in augustus 2019;

- 22 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Profiles – Cobalt", online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=rm-profiles#/Cobalt, bekeken in augustus 2019.
- 23 Responsible Minerals Initiative (n.d.), "Cobalt conformant smelters", online: www.responsiblemineralsinitiative.org/cobalt-conformant-smelters/, bekeken in augustus 2019.
- 24 Umicore (n.d.), "Minor Metals", online: pmr.umicore.com/en/metals-products/minor-metals/, bekeken in augustus 2019.
- 25 USGS (2010), *Byproduct Mineral Commodities Used for the Production of Photovoltaic Cells*.
- 26 Umicore (n.d.), "Minor Metals", online: pmr.umicore.com/en/metals-products/minor-metals/, bekeken in augustus 2019.
- 27 USGS (2010), *Byproduct Mineral Commodities Used for the Production of Photovoltaic Cells*.
- 28 Umicore (n.d.), "Precious Metals", online: pmr.umicore.com/en/metals-products/precious-metals/, bekeken in augustus 2019.
- 29 T. Wang (2019, januari), "Distribution of solar photovoltaic module production worldwide in 2017, by country", *Statista*, online: www.statista.com/statistics/668749/regional-distribution-of-solar-pv-module-manufacturing/, bekeken in september 2019;
Fraunhofer ISE (2019, maart), *Photovoltaics Report*, online: www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf, bekeken in september 2019.
- 30 Global Wind Energy Council (2019, april), "GWEC: 1 in 5 wind turbines installed by Vestas in 2018, according to new market intelligence report", online: gwec.net/gwec:-1-in-5-wind-turbines-are-installed-by-vestas,-according-to-new-market-intelligence-report/, bekeken in september 2019.
- 31 Enercon (2019), "Market Share", online: www.enercon.de/en/company/market-share/, bekeken in september 2019.
- 32 Vestas (2019), *Annual Report 2018*, p. 16.
- 33 Siemens Gamesa (2019), "About us", online: www.siemensgamesa.com/about-us, bekeken in september 2019.
- 34 GE Renewable Energy (n.d.), "GE Renewable Energy Locations", online: www.ge.com/renewableenergy/about-us/locations, bekeken in september 2019.
- 35 Enercon (n.d.), "Production", online: www.enercon.de/en/company/production/, bekeken in september 2019.
- 36 Global Wind Energy Council (2019, april), "GWEC: 1 in 5 wind turbines installed by Vestas in 2018, according to new market intelligence report", online: gwec.net/gwec:-1-in-5-wind-turbines-are-installed-by-vestas,-according-to-new-market-intelligence-report/, bekeken in september 2019.

- 37 Sanderson, H. (2017, 5 maart), "Electric cars: China's battle for the battery market" *Financial Times*, online: <http://www.ft.com/content/8c94a2f6-fdcd-11e6-8d8e-a5e3738f9ae4>, bekeken in september 2019.
- 38 Sanderson, H. (2017, 5 maart), "Electric cars: China's battle for the battery market" *Financial Times*, online: www.ft.com/content/8c94a2f6-fdcd-11e6-8d8e-a5e3738f9ae4, bekeken in september 2019;

Reuters (2018, 9 november), "Factbox: Plans for electric vehicle battery production in Europe", online: www.reuters.com/article/us-autos-batteries-europe-factbox/factbox-plans-for-electric-vehicle-battery-production-in-europe-idUSKCN1NE0K5, bekeken in september 2019.
- 39 Soon, S. (2019, 26 juli), "As electric vehicle production ramps up worldwide, a supply crunch for battery materials is looming", *CNBC*, online: www.cnbc.com/2019/07/26/electric-car-production-rises-supply-crunch-for-battery-metals-looms.html, bekeken in september 2019.
- 40 Johnston, M. (2019, 16 mei), "Why Lithium Stocks Are Plunging Amid Electric Car Boom", *Investopedia*, online: www.investopedia.com/investing/why-lithium-stocks-are-plunging-amid-electric-car-boom/, bekeken in september 2019.
- 41 International Labour Organisation (n.d.), "Mining (coal; other mining) sector", online: www.ilo.org/global/industries-and-sectors/mining/lang--en/index.htm, bekeken in augustus 2019.
- 42 CBS News (2018, 6 maart), "The toll of the cobalt mining industry on health and the environment", online: www.cbsnews.com/news/the-toll-of-the-cobalt-mining-industry-congo/, bekeken in augustus 2019.
- 43 International Trade Union Confederation (2019, juni), *ITUC Global Rights Index 2019*,

Business and Human Rights Resource Centre (2018, September), *Renewable Energy Risking Rights & Returns: An analysis of solar, bioenergy and geothermal companies' human rights commitments*.

Mining.com (2019, 2 juni), "Peru's Buenaventura threatened with general strike", online: www.mining.com/peru-buenaventura-threatened-general-strike/, bekeken in augustus 2019;

Collins, D. (2014, 24 juni), "'Bolivia's Cerro Rico mines killed my husband. Now they want my son'", *The Guardian*, online: www.theguardian.com/global-development/2014/jun/24/bolivia-cerro-rico-mine-mountain-collapse-miners, bekeken in augustus 2019.
- 44 International Labour Organisation (n.d.), "Mining and quarrying", online: www.ilo.org/ipecc/areas/Miningandquarrying/lang--en/index.htm, bekeken in augustus 2019;

IndustriALL (2019, 20 mei), "Special Report: Why is mining still so dangerous?", online: www.industriall-union.org/special-report-why-is-mining-still-so-dangerous, bekeken in augustus 2019.
- 45 Business and Human Rights Resource Centre (2019, september), "Transition Minerals Tracker", online: transitionminerals-tracker.business-humanrights.org, bekeken in september 2019.
- 46 U.S. Geological Survey (2019, februari), *Mineral Commodity Summaries*.

- 47 Amnesty International (2016, 19 januari), "Exposed: Child labour behind smart phone and electric car batteries", online: www.amnesty.org/en/latest/news/2016/01/child-labour-behind-smart-phone-and-electric-car-batteries/, bekeken in augustus 2019.
- 48 Business and Human Rights Resource Center (n.d.), "Search results: Child AND Congo", online: www.business-humanrights.org/en/search-results?langcode=en&keywords=child+congo&pagenum=0, bekeken in augustus 2019.

Amnesty International (2016, 30 september), *Electric cars: Running on child labour?*

Amnesty International (2017, 15 november), *Industry giants fail to tackle child labour allegations in cobalt battery supply chains*

Sanderson, H. (2019, 7 juli), "Congo, child labour and your electric car", *Financial Times*, online: www.ft.com/content/c6909812-9ce4-11e9-9c06-a4640c9feebb, bekeken in augustus 2019;

Kara, S. (2018, 12 oktober), "Is your phone tainted by the misery of the 35,000 children in Congo's mines?", *The Guardian*, online: www.theguardian.com/global-development/2018/oct/12/phone-misery-children-congo-cobalt-mines-drc, bekeken in augustus 2019.
- 49 Bloomberg (2019, 28 juni), *Death Toll at Glencore's Mine Puts Spotlight on Illegal Mining*.
- 50 Blijweert, D. (2018, 21 september), *Scientists reveal the hidden costs of cobalt mining in DR Congo Phys*, online: phys.org/news/2018-09-scientists-reveal-hidden-cobalt-dr.html, bekeken in augustus 2019.
- 51 United Nations Human Rights Office of the High Commissioner (2013, september), *Free, Prior and Informed Consent of Indigenous Peoples*,
- 52 Borras, S. Et al (2016), *Land grabbing and human rights: The involvement of European corporate and financial entities in land grabbing outside the European Union*, European Parliament's Subcommittee on Human Rights, pp. 36-37.
- 53 Oxfam Novib (n.d.), "Landroof: wij beschermen landrechten", online: www.oxfamnovib.nl/armoede-verslaan/honger-en-hongersnood/beschermen-van-landrechten, bekeken in augustus 2019;

Geenen, S., & Hönke, J. (2014). Land Grabbing by Mining Companies: Local Contentions & State Reconfiguration in South Kivu (DRC). In *Losing your Land* (pp. 58-81). (African Issues). James Currey Ltd
- 54 Prause, L. (2018, 11 januari), "Land Grabs as 'Shrinking Spaces' for Civil Society?", *Resources and Conflict*, online: resources-and-conflict.org/2018/01/land-grabs-as-shrinking-spaces/, bekeken in augustus 2019;

South China Morning Post (2018, 25 april), "Chinese gold mining brings killings, land grabs and corruption to the surface in Cameroon", online: www.scmp.com/news/world/africa/article/2142852/chinese-gold-mining-brings-killings-land-grabs-and-corruption, bekeken in augustus 2019.

- 55 Global Witness (2019, 30 juli), "Enemies of the State?", online: www.globalwitness.org/en/campaigns/environmental-activists/enemies-state/, bekeken in augustus 2019.
- 56 FARN (2019, mei), "FARN publish report on the impacts of lithium mining on human rights in Argentina", online: goodelectronics.org/farn-publish-report-on-the-impacts-of-lithium-mining-on-human-rights-in-argentina/, bekeken in augustus 2019.
- 57 Roth, S. (2019, 12 maart), *Communities challenge lithium production in Argentina*, Diálogo Chino.
- 58 FARN (2019, mei), "FARN publish report on the impacts of lithium mining on human rights in Argentina", online: goodelectronics.org/farn-publish-report-on-the-impacts-of-lithium-mining-on-human-rights-in-argentina/, bekeken in augustus 2019;

Frankel, T. en Whoriskey, P. (2016, 19 december), *Tossed aside in the 'white gold' rush*, The Washington Post.
- 59 Mining.com (2017, 6 november), "Operations resume at Buenaventura's silver mine in Peru", online: www.mining.com/operations-resume-buenaventuras-silver-mine-peru/3259/, bekeken in augustus 2019.
- 60 ICMC (2012, mei), *Water management in mining: a selection of case studies*.
- 61 Brink, H., Riemersma, M., Simons, M. en J. de Wilde (2016, november), *Eerlijke Bankwijzer: Beoordeling van het duurzaamheidsbeleid van tien bankgroepen – zestiende actualisering*, Amsterdam, Nederland: Profundo, p. 54.

World Atlas (2017, 25 april), "What Is The Environmental Impact Of The Mining Industry?", online: www.worldatlas.com/articles/what-is-the-environmental-impact-of-the-mining-industry.html, bekeken in augustus 2019.
- 62 Lewis, B. (2017, 7 februari), "Water scarcity tops list of world miners' worries", *Reuters*, online: www.reuters.com/article/us-africa-mining-water/water-scarcity-tops-list-of-world-miners-worries-idUSKBN15M26S, bekeken in augustus 2019.
- 63 Bohlsen, M. (2019, 5 juni), "China is facing a water crisis that could threaten rare earths production and their mining industry", online: investorintel.com/sectors/technology-metals/technology-metals-intel/china-is-facing-a-water-crisis-that-could-threaten-rare-earths-production-and-their-mining-industry/, bekeken in augustus 2019;

China Water Risk (n.d.), "Metals & Mining – Transitional Risks", online: www.chinawaterrisk.org/the-big-picture/mining-metals/, bekeken in augustus 2019.
- 64 Circle of Blue (2016, 15 december), "Stranded Assets: Water Stress Is Factor in Global Mining Slump", online: www.circleofblue.org/2016/world/water-stress-factor-global-mining-slump/, bekeken in augustus 2019.

UNEP FI en WWF (2012, oktober), *Chief Liquidity Series: Water-related Materiality Briefings for Financial Institutions – Extractives Sector*.

Posthumus, N. (2018, 9 april), *Kaapstad moet leren leven met waterschaarste*, Trouw;

De Standaard (2015, 13 december), *Zuid-Afrika verkiest mijnbouw boven water*.

- 65 Borras, S. Et al (2016), *Land grabbing and human rights: The involvement of European corporate and financial entities in land grabbing outside the European Union*, European Parliament's Subcommittee on Human Rights, p. 37.
- 66 Schomberg, A. en Bringezu, S. (2019, 19 juni), *A water scarcity and water quality footprint on the example of two Lithium mines*, Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel;
Lanjouw, J. (2019, 8 maart), "Lithium, het witte goud: Het reactieve wondermetaal van de energietransitie", *NEMO Kennislink*, online: www.nemokennislink.nl/publicaties/lithium-het-witte-goud/, bekeken in augustus 2019;
Sherwood, D. (2019, 30 mei), "Chile, once the world's lithium leader, loses ground to rivals", *Reuters*, online: www.reuters.com/article/us-chile-lithium-analysis/chile-once-the-worlds-lithium-leader-loses-ground-to-rivals-idUSKCN1T00DM, bekeken in augustus 2019.
- 67 Lanjouw, J. (2019, 8 maart), "Lithium, het witte goud: Het reactieve wondermetaal van de energietransitie", *NEMO Kennislink*, online: www.nemokennislink.nl/publicaties/lithium-het-witte-goud/, bekeken in augustus 2019.
- 68 Roth, S. (2019, 12 maart), *Communities challenge lithium production in Argentina*, Diálogo Chino.
- 69 Sherwood, D. (2019, 17 juli), *How lithium-rich Chile botched a plan to attract battery makers*, Reuters.
- 70 Schomberg, A. en Bringezu, S. (2019, 19 juni), *A water scarcity and water quality footprint on the example of two Lithium mines*, Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel;
Lanjouw, J. (2019, 8 maart), "Lithium, het witte goud: Het reactieve wondermetaal van de energietransitie", *NEMO Kennislink*, online: www.nemokennislink.nl/publicaties/lithium-het-witte-goud/, bekeken in augustus 2019;
Sherwood, D. (2019, 30 mei), "Chile, once the world's lithium leader, loses ground to rivals", *Reuters*, online: www.reuters.com/article/us-chile-lithium-analysis/chile-once-the-worlds-lithium-leader-loses-ground-to-rivals-idUSKCN1T00DM, bekeken in augustus 2019.
- 71 Heubl, B. (2019, 21 augustus), "Lithium firms depleting vital water supplies in Chile, analysis suggests", *Engineering & Technology*, online: eandt.theiet.org/content/articles/2019/08/lithium-firms-are-depleting-vital-water-supplies-in-chile-according-to-et-analysis/, bekeken in augustus 2019.
Livingstone, G. (2019, 15 augustus), *The farmers who worry about our phone batteries*, BBC.
- 72 NOS (2019, 24 augustus), "Chili gaat gebukt onder aanhoudende droogte", online: nos.nl/artikel/2298742-chili-gaat-gebukt-onder-aanhoudende-droogte.html, bekeken in september 2019.
- 73 Sociedad Quimica Y Minera De Chile S.A. (2019), *Form 20-F for the fiscal year 2018*, p. 38, p. 54, p. F-29,
- 74 Albemarle (2019), "Locations – Belgium", online: www.albemarle.com/locations/europe-middle-east-africa/belgium, bekeken in december 2019.
- 75 Albemarle (2019), *Form 10-K for the fiscal year 2018*, p. 23.

- 76 Brink, H., Riemersma, M., Simons, M. en J. de Wilde (2016, november), *Eerlijke Bankwijzer: Beoordeling van het duurzaamheidsbeleid van tien bankgroepen – zestiende actualisering*, Amsterdam, Nederland: Profundo, p. 54.
- World Atlas (2017, 25 april), "What Is The Environmental Impact Of The Mining Industry?", online: www.worldatlas.com/articles/what-is-the-environmental-impact-of-the-mining-industry.html, bekeken in augustus 2019;
- Ayala, E. (2019, 21 februari), "Mining Grabs Up Land, Deals Blow to Agriculture in Central America", online: www.ipsnews.net/2019/02/mining-grabs-land-deals-blow-agriculture-central-america/, bekeken in augustus 2019.
- 77 Sullivan, Z. (2017, 2 november), "Mining activity causing nearly 10 percent of Amazon deforestation", online: news.mongabay.com/2017/11/mining-activity-causing-nearly-10-percent-of-amazon-deforestation/, bekeken in september 2019;
- López, M. (2018, 7 september), "Illegal mining is speeding up deforestation in the Venezuelan Amazon", online: earthjournalism.net/stories/illegal-mining-is-speeding-up-the-deforestation-in-the-venezuelan-amazon, bekeken in september 2019.
- 78 European Commission Joint Research Centre (2019, 25 april), "World Atlas of Desertification – Mining", online: wad.jrc.ec.europa.eu/mining, bekeken in september 2019.
- 79 Phys (2019, 23 maart), "'Can't be called water': Brazil marks two months since dam disaster", online: phys.org/news/2019-03-brazil-months-disaster.html, bekeken in september 2019;
- Watts, J. (2019, 29 januari), "'The river is dying': the vast ecological cost of Brazil's mining disasters", online: www.theguardian.com/world/2019/jan/29/the-river-is-dying-the-vast-ecological-cost-of-brazils-mining-disasters, bekeken in september 2019;
- Li, Z. et al. (2014), "A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment", *Science of the Total Environment*, 468-469: p. 843-853.
- 80 ActionAid en SOMO (2018, januari), *Human Rights in Wind Turbine Supply Chains: Towards a truly sustainable energy transition*, p. 13;
- China Water Risk (n.d.), "Metals & Mining – Transitional Risks", online: www.chinawaterrisk.org/the-big-picture/mining-metals/, bekeken in augustus 2019.
- 81 Standaert, M. (2019, 2 juli), "China Wrestles with the Toxic Aftermath of Rare Earth Mining", *Yale School of Forestry & Environmental Studies*, online: e360.yale.edu/features/china-wrestles-with-the-toxic-aftermath-of-rare-earth-mining, bekeken in augustus 2019.
- 82 Stumvoll, A. (2019, 18 juni), "Shift to renewable energy could have biodiversity cost, researchers caution", online: news.mongabay.com/2019/06/shift-to-renewable-energy-could-have-biodiversity-cost-researchers-caution/, bekeken in augustus 2019.

- 83 Europese Commissie (2017, 13 december), "EU Conflict Minerals - The regulation explained", online: ec.europa.eu/trade/policy/in-focus/conflict-minerals-regulation/regulation-explained/, bekeken in augustus 2019.
- 84 Oostenrijks Ministerie van Duurzaamheid en Toerisme (2018), *World Mining Data – 6.3c Political Stability*.
- 85 Environmental Justice Atlas (n.d.), "Environmental Justice Atlas, online: ejatlas.org, bekeken in september 2019.
- 86 EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - International Initiatives", Europese Commissie, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=international-initiatives-392e53, bekeken in december 2019;
- EU Science Hub (n.d.), "Raw Materials Information System - Raw materials: environmental policy and legislative framework", Europese Commissie, online: rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=environmental-policies-and-regulation-f7695f, bekeken in december 2019.
- 87 Lenntech (n.d.), "Elements", online: www.lenntech.com/periodic/elements, bekeken in september 2019.
- De datum waarover Lenntech rapporteert is onbekend. Omdat er geen andere bron is gevonden, hebben deze data meegenomen om toch een vergelijking met de benodigde hoeveelheid grondstoffen te kunnen maken.
- 88 Wilburn, D. (2016), *Global stocks of selected mineral-based commodities*, U.S. Geological Survey.
- 89 De gegevens zijn via de U.S. Geological Service afkomstig van de Fanya Metal Stock Exchange: Fanya Metal Exchange (2011, 2014), Hayes (2014a,b), Indium samples blog (2014), Info-RE, (2014), Vulcan (2016), and Yam and Bhal (2014b).



profundo

O N D E R Z O E K & A D V I E S

Radarweg 505
1043 NZ Amsterdam
Nederland
+31-20-8208320
profundo@profundo.nl
www.profundo.nl