

**Circular Economy &
Environment**

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

TNO-rapport**TNO 2022 R10193****Update en uitbreiding van de GrondStoffenScanner
2021: Responsible Mining Index en inzicht in
secundaire stromen**

Datum	1 maart 2022
Auteur(s)	Elmer Rietveld
Aantal pagina's	33 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Projectnaam	Update Grondstoffenscanner 2021
Projectnummer	060.50335

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Achtergrond	3
1.2	Update grondstoffenscanner 2021	4
2	De Responsible Mining index.....	6
2.1	Wat is de Responsible Mining index.....	6
2.2	Hoe wordt de RMO opgesteld?	6
2.3	Vertaling RMI data naar de Grondstoffenscanner	7
3	Milieu-impacts van grondstofwinning in de GSS: methodische aanpak.....	8
3.1	Levenscyclus-analyses.....	8
3.2	Scope.....	8
3.3	Aanpak.....	8
3.4	Resultaten.....	9
3.5	Conclusies en aanbevelingen.....	16
4	Secundaire stromen in Nederland – een methodische aanpak	17
4.1	Inleiding: zoektocht naar informatie over metaalschroot.....	17
4.2	Consumptie van schroot in Nederland	19
4.3	Import van schroot	20
4.4	Opzet van een database voor de GSS	20
4.5	Milieu-impact metaalschroot.....	23
4.6	Conclusies en Aanbevelingen	23
	Bijlage A: Geraadpleegde Bronnen secundair metaal	24
	Bijlage B: volledige lijst van geanalyseerde producten.....	26
5	Ondertekening	33

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De GrondStoffenScanner (GSS) heeft sinds de lancering in maart 2018 een constant niveau gehaald van unieke gebruikers. Dit is in lijn met de wereldwijde aandacht voor de kwetsbaarheid van leveringsketens en de rol van kritieke grondstoffen in die ketens. Al langere tijd werd door experts van de Worldbank¹, JRC² and IEA³ gewezen op de sterk groeiende behoefte aan grondstoffen als gevolg van de energietransitie. De periode van de coronacrisis heeft onbarmhartig duidelijk gemaakt hoe snel economieën en bedrijven in een afhankelijkheidspositie kunnen worden gedreven indien ergens in de keten een disruptie optreedt. Deze disrupties kunnen van verschillende aard zijn: bijvoorbeeld een onbewuste concentratie van toeleveranciers, verstoring van verkeersaders, misleidend marktsentiment en (geo)politieke activiteiten. De bewustwording omtrent leveringszekerheid is bijvoorbeeld sterk gestegen als gevolg van de stagnatie van levering van medicijnen en mondkapjes in het begin van de coronacrisis. Mede daardoor is het begrip strategische autonomie opgepakt door EZK en is een stappenplan ter inschatting van risico's ontwikkeld dat inmiddels rijksbreed is omarmd.

In de in januari 2021 verschenen Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER) wordt het belang van leveringszekerheid en van kritikaliteitsanalyses in het Rijkbeleid bevestigd. In een onderliggend rapport⁴ specifiek gericht op het thema leveringszekerheid werden door TNO enkele conclusies getrokken die relevant zijn voor:

- Draag bij aan de ontwikkeling van professionele en permanente risicoanalyses zoals in het kader van Strategische Autonomie voorgesteld
- Verbeter de focus op operationalisatie van kritikaliteits-indicatoren door (ook) gebruik te gaan maken van commerciële en, in het algemeen, dynamischer tools bij overheid en bedrijfsleven
- Versterk de Grondstoffenscanner, om zowel het bedrijfsleven en overheid beter te kunnen informeren, als ook een intensiever contact te houden met issues die m.b.t. kwetsbaarheid bij het bedrijfsleven spelen.

Voor de langere termijn is het de bedoeling dat de GSS over enkele jaren zal overgaan in een Europese variant die door het Joint Research Center unit D van de Europese Commissie zal worden beheerd, zoals dat nu al het geval is met het Raw Material Intelligence System (RMIS).

¹ Kirsten Hund et al. (International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank), Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition, 2020

² Bobba, S., Carrara, S., Huisman, J., Mathieux, F., Pavel, C. (JRC Ispra), Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study, 2020

³ IEA, The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions, 2021

⁴ Ton Bastein, Thomas Hajonides van der Meulen, Elmer Rietveld TNO 2021 R10515 - Kritikaliteit van grondstoffen – ontwikkeling en operationalisatie, 2021

1.2 Update grondstoffenscanner 2021

Sinds de lancering van de GSS wordt jaarlijks gewerkt aan updates en verbeteringen. De aandachtspunten komen in deze update uit reacties van gebruikers, uit de conclusies van het eerder genoemde en aan het ICER gelieerde rapport naar leveringszekerheid en uit communicatie met de staatssecretaris van EZK.

De update van de GSS in 2021 richt zich op drie punten:

1. Koppeling van de GSS met de recent verschenen Responsible Mining Index.
2. Zichtbaar maken in de GSS van relevante milieudata die al beschikbaar zijn in achtergrondrapportages.
3. Opnemen van nog in de GSS missende informatie m.b.t. secundaire metaalstromen.

1.2.1 *Koppeling met de Responsible Mining Index en opname beschikbare milieudata*

De volgende data worden gekoppeld aan de GSS:

- De RMI index data, <https://2020.responsibleminingindex.org/en/raw-data>
- De milieu-impacts van materiaalwinning (zoals deze zijn opgenomen als Bijlage C van de studie “materialen in de Nederlandse economie” ⁵

Naast deze activiteiten zal RVO data die in het IMVO convenant worden opgeleverd toevoegen aan de GSS. De wens is om in de GSS de gebruiker specifiek producten en grondstoffen te laten koppelen aan MVO-risico's via de Responsible Mining Index data die zijn opgenomen. Deze wens is ook door andere organisaties geuit⁶.

1.2.2 *Opnemen data secundaire materialen*

Op basis van een overleg tussen RVO en TNO is een lijst secundaire grondstoffen vastgesteld waarover gegevens -mits data beschikbaar zijn natuurlijk- worden gerapporteerd en opgenomen in de GSS.

Deze lijst van secundaire materialen is als volgt:

- Aluminium
- Koper
- Goud
- IJzer
- Lood
- Palladium
- Zilver
- Zink

⁵ Ton Bastein, Elmer Rietveld, TNO 2015 R11613 Materialen in de Nederlandse economie - Een kwetsbaarheidsanalyse

⁶ <https://www.developmentinternational.org>

Informatie die verzameld wordt gaat in op de End-of-life-fase/recycling en zo mogelijk aspecten als:

- Volume en ontwikkelingen collectie
- Kwaliteitsvraagstukken
- Economische spelers en waardeketen
- Verliezen in recycling keten
- Feiten over milieuwinst van recycling

2 De Responsible Mining index

2.1 Wat is de Responsible Mining index

De Responsible Mining index (RMI) is een maat die mijnbouwbedrijven hanteren om hun ESG (Environmental Social Governance) impact te bepalen. De index wordt opgesteld door de RMI foundation, een onafhankelijke onderzoeksorganisatie gevestigd in Zwitserland.

De foundation moedigt voortdurende verbetering van verantwoorde winning aan door de nadruk te leggen op 'best practices' en door het beleid en de praktijken van bedrijven in waarde-ketens van winning van delfstoffen transparant te beoordelen op economische, ecologische, sociale en governance-kwesties.

2.2 Hoe wordt de RMO opgesteld?

Het Responsible Mining Index (RMI)-rapport is een tweejaarlijkse beoordeling van het beleid en de praktijken van grote, wereldwijd opererende mijnbouwbedrijven op het gebied van economische ontwikkeling, zakelijk gedrag, levenscyclusbeheer, welzijn van de gemeenschap, arbeidsomstandigheden en verantwoordelijkheid voor het milieu - waarbij gender- en mensenrechtenkwesties overal zijn geïntegreerd in het verslag.

Het RMI-rapport 2020, dat in zes talen is gepubliceerd, heeft betrekking op ongeveer 40 bedrijven, waaronder beursgenoteerde, staats- en particuliere bedrijven. Samen vertegenwoordigen deze bedrijven tussen de 25-30% van de wereldwijde waarde van de mijnbouwproductie, bestrijken ze 55 producerende en 19 bronlanden, en zijn ze goed voor meer dan 1050 operationele en 150 gesloten mijnsites, met bekende belastingjurisdicties in 120 landen.

De Responsible Mining index onderscheidt zich op de volgende vlakken:

- Onderzoek, data en publicaties worden gratis gepubliceerd als publiek goed
- Onafhankelijk – geen financiering van de mineralen- en metaalindustrie
- rechtstreeks overleg met door mijnbouw getroffen gemeenschappen in producerende landen
- Inclusief beursgenoteerde, particuliere en staatsbedrijven
- Multi-issue: economische, milieu-, sociale en bestuurs-kwesties
- Mine-site-niveau en bedrijfs-brede focus
- Uitgebreide geografische reikwijdte
- Promoot open data principes
- Benadrukt leidende praktijk & leren
- Een aanvulling op andere bestaande initiatieven (bijv. UNGP, SDG, ILO, OESO, NRG, EITI, PWYP enz.).

In het belang van de onafhankelijkheid accepteert de Stichting geen financiering van de mineralen- en metaalindustrie.

Ze accepteren wel financiering van filantropische en overheidsbronnen die in hun ogen de waarden en doelstellingen van de Stichting delen. Een volledige methodische uitleg is online beschikbaar⁷.

2.3 Vertaling RMI data naar de Grondstoffenscanner

Alle scores uit de zogenaamde “company reports” zijn per grondstof opgeteld en in de GSS weergegeven. Hierbij geldt dat de scores tussen 0 (minst verantwoord) en 6 (meest verantwoord) liggen. Een merendeel van de scores liggen tussen 1 en 3. Een score wordt getoond op de volgende onderwerpen:

- Economic Development
- Business Conduct
- Lifecycle Management
- Community Wellbeing
- Working Conditions
- Environmental Responsibility
- Average Mine-Site Score

⁷ [RMI Framework & Methodology 2020 - Responsible Mining Foundation - RME](#)

3 Milieu-impacts van grondstofwinning in de GSS: methodische aanpak

Er is onderzocht in hoeverre gegevens uit LCA-onderzoek te gebruiken zijn om de GSS te verdiepen. In deze inleiding wordt uitgelegd wat LCA is en waarom de gegevens bruikbaar zouden kunnen zijn voor de grondstoffentool.

3.1 Levenscyclus-analyses

In levenscyclusanalyses (LCA) worden alle in- en outputs gedurende de levenscyclus van een product of dienst opgeteld om de totale milieubelasting in de keten te bepalen. Inputs zijn in dit geval de grondstoffen, maar ook tussenproducten. Outputs zijn emissies naar bodem, water en atmosfeer, en afval. Voor het uitvoeren van een product-LCA zijn twee soorten data beschikbaar: LCA-databases met informatie over gemiddelde producten en publicaties in de wetenschappelijke literatuur, vaak over meer specifieke producten. Deze beide bronnen zijn potentieel van toegevoegde waarde voor de grondstoffentool op 2 manieren:

1. Om te bepalen of bepaalde grondstoffen in een product zitten.
2. Om te bepalen of bepaalde grondstoffen in de productieketen zitten, d.w.z. niet direct in het product zelf maar in één van de tussenproducten waaruit het samengesteld is.

In deze studie verkennen we in hoeverre de GSS te verdiepen is aan de hand van de internationaal vooraanstaande LCA-database Ecoinvent 3.0 en (wetenschappelijke) LCA-artikelen van producten.

3.2 Scope

Voor deze analyse is alleen gekeken naar de grondstoffenwinning en productiefase van producten, wat in LCA-termen een cradle-to-gate analyse wordt genoemd. In deze analyse werden de gebruiksfase en de end-of-life fase niet meegenomen, wat voor een volledige levenscyclusanalyse van een bepaald product wel relevant zou zijn. Voor de GSS zijn echter alleen de winning en productie relevant. In de analyse is voorts gefocust op materiaalstromen; energie- en transportstromen zijn buiten beschouwing gelaten. Wel zijn alle hulpmaterialen meegenomen, d.w.z. alle materialen en machines die nodig waren om deze producten te maken.

3.3 Aanpak

De Zwitserse database Ecoinvent 3.0 is gehanteerd; deze database bevat gegevens uit vele landen. Waar mogelijk is voor de Nederlandse of anderszins West-Europese productspecificatie gekozen. Indien er keuze was tussen een product uit een bepaald land en het wereldgemiddelde, is het wereldgemiddelde gehanteerd als uitgangspunt. Indien bepaalde producten niet in Ecoinvent voor handen waren, is in de literatuur en op internet gezocht naar productsamenstellingen.

Om de mogelijkheden van het opnemen van LCA-gegevens in de GSS te onderzoeken, is een aantal stappen uitgevoerd:

Stap 0	Analyse welke van de grondstoffen uit de grondstoffentool te vinden zijn in de LCA-database Ecoinvent v.3.0
Stap 1	Selectie (op basis van expert judgement) 3 van een 50-tal “moderne” producten, zoals mobiele telefoons, medische apparatuur, machines, lasers, meetinstrumenten, fotonvoltaïsche panelen, etc
Stap 2	Analyse van deze producten aan de hand van LCA-software SimaPro v.8.0.6 en LCA-database Ecoinvent op de aanwezigheid van de relevante grondstoffen. Hoeveelheden worden geregistreerd in gram/ton. Met kleurcodes wordt aangegeven of van deze grondstof de aanwezigheid reeds bekend was of nog niet. In de administratie wordt ook vermeld wat de datakwaliteit van deze productanalyse is.
Stap 3:	Analyse van herkomst van de grondstoffen aan de hand van procesanalyse in SimaPro, tot 1 niveau stroomopwaarts in de leveringsketen van het product. Alle processen en tussenproducten die meer dan 10% van het grondstoffenverbruik veroorzaken, worden vermeld.
Stap 4	Herhaling van stap 2 & 3 voor producten die niet opgenomen zijn in Ecoinvent; de samenstelling van deze producten wordt in de literatuur en op internet gezocht en vervolgens geanalyseerd aan de hand van SimaPro.
Stap 5	De resultaten van alle analyses worden vergeleken waarbij de impact van de toeleverende producten onderling wordt vergeleken

3.4 Resultaten

3.4.1 *Stap 0: selectie van grondstoffen*

De volgende stoffen komen voor in SimaPro en worden gebruikt door Ecoinvent proceskaarten en zouden dus geanalyseerd kunnen worden: Cerium, Europium, Gadolinium, Lanthanium, Neodymium, Palladium, Platinum, Praseodymium, Rhodium, Samarium, Tellurium, Uranium, Zirkonium.

De volgende stoffen worden door geen enkel proces in Ecoinvent gebruikt en kunnen dus niet in deze analyse geverifieerd worden: Dysprosium, Iridium, Osmium, Ruthenium, Scandium, Terbium, Ytterbium, Yttrium.

3.4.2 *Stap 1: selectie van producten*

De producten die zijn geanalyseerd in deze studie staan in Tabel 1.

De volledige lijst met beschrijvingen volgens de HS96 code is opgenomen in Bijlage B. In totaal zijn 32 producten geanalyseerd. De geselecteerde producten behoren voor het grootste gedeelte tot de categorie “electrical equipment n.e.c.” (10x), “other transport equipment” (5x) en “appliances n.e.c.” (5x).

Tabel 1 Geselecteerde producten in deze studie. Oranje gemarkeerde producten zijn wel gezocht, maar konden niet berekend worden.

HS96 code ⁸	Verkorte naam	HS96	Verkorte naam
840110	Nuclear plant with PWR reactor.	851621	Electric heater
841410	Air compressor	851650	Microwave
841510	Blower and heat exchanger	851711	Mobile phone
841810	Refrigerator	853331	Potentiometer
842121	Water purifying installation	853941	UV lamp
842230	Packing machine	854110	Diode
842952	Building machine	854121	SMD-Transistor
843280	Tillage machinery	854140	LED
843830	Sugar refinery	860110	Rail locomotive
844311	Printer	870321	Passenger car
847130	Laptop	870390	Electric car
850590	Magnet	871110	Motor scooter
850650	Battery	880211	Helicopter
850910	Vacuum cleaner	880240	Aircraft medium haul
850940	Food mixer	890120	Tanker
851610	Coffee machine		

3.4.3 Stap 2 t/m 4: analyse van producten

Tabel 2 toont de resultaten van de materiaalanalyse wat betreft de aanwezigheid van de relevante grondstoffen. Met kleurcodes is aangegeven of van deze grondstof de aanwezigheid reeds bekend was en wat de datakwaliteit van de productanalyses is. Voor alle producten en grondstoffen is geanalyseerd welke onderliggende processen voor het grootste grondstofverbruik zorgden; dit is echter niet weergegeven in deze tabel. Deze achtergrondinformatie (alle processen en tussenproducten die meer dan 10% van het grondstoffenverbruik veroorzaken) is terug te vinden in supplementaire informatie die bij de auteur te verkrijgen is.

⁸ Aangepast om verschillen met CN11 af te dekken.

Tabel 2 Gebruik van materialen in de productie van de 32 selecteerde producten, in gram materiaal per ton (product). Hoeveelheden in tientallen of groter zijn afgerond op hele getallen ten behoeve van de leesbaarheid.

- De kleur van de producten (1e kolom) geeft aan hoe goed de data- en berekeningskwaliteit was: lichtgrijs = geen data gevonden; rood = slechte bronnen; moet verbeterd in de toekomst; geel = matig; blauw = voldoende; groen = goed.
- De donkergrijze kolommen (met optioneel paars kruis) geven aan welke schaarse materialen niet in de milieudatabase voorkwamen (kruis betekent dat dit materiaal volgens de koppelmatrix wel aanwezig zou moeten zijn).
- In alle witte kolommen is met groene getallen aangegeven waar een waarde toegevoegd is, die in de oorspronkelijke koppelmatrix niet bekend was. Rode getallen geven aan waar de ongespecificeerde waarde "1" vervangen is door een meer exact getal (0,00 betekent wel aanwezig, maar kleiner dan 0,00).

Short name	Ce	Dy	Eu	Gd	Ir	La	Nd	Os	Pd	Pt	Pr	Rh	Ru	Sm	Sc	Te	Tb	U	Yb	Y	Zr
Food mixer																					
Electric heater																X					
Helicopter	X	x	X	X	x	X	X	x	X	x	x	x	x	x	x	X	x		x	x	X
Aircraft medium haul	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Sugar refinery	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,07	0,04	0,00	0,00		0,00		0,00		0,23			2,71
Vacuum cleaner	1,85		0,00	0,01		0,56	0,31		0,10	0,05	0,03	0,00		0,02		0,00		16			104
Coffee machine	1,99		0,00	0,01		0,60	0,33		0,02	0,01	0,03	0,00		0,02		0,00		12			115
Microwave	0,05		0,00	0,00		0,02	0,01		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00		8,08			2612
Packing machine	0,05		0,00	0,00		0,02	0,01		0,01	0,01	0,00	0,00		0,00		0,00		3,43			10
Nuclear plant with PWR reactor.	0,02		0,00	0,00		0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00		0,78			6,86
Air compressor	1,46		0,00	0,01		0,44	0,24		0,05	0,02	0,03	0,00		0,02		0,00		5,64			25
Refrigerator	0,77	x	0,00	0,00		0,23	0,13		0,02	0,01	0,01	0,00		0,01	x	0,00	x	5,34			14
Printer	0,66		0,00	0,00		0,20	0,11		0,03	0,02	0,01	0,00		0,01		0,00		24			160
Magnet	1407622	x	3527	8801		421985	232092		0,03	0,02	24626	0,00		17573	x	0,00	x	51	x		156

Short name	Ce	Dy	Eu	Gd	Ir	La	Nd	Os	Pd	Pt	Pr	Rh	Ru	Sm	Sc	Te	Tb	U	Yb	Y	Zr
Motor scooter	4,51		0,01	0,03		1,35	0,74		0,48	0,85	0,08	0,04		0,06		0,00		7,97			267
Blower and heat exchanger	3,13	x	0,01	0,02		0,94	0,52		0,02	0,01	0,05	0,00	x	0,04	x	0,00	x	7,79			175
Water purifying installation	0,02		0,00	0,00		0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00		5,31			15
Building machine	0,02		0,00	0,00		0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00		2,30			5,96
Tillage machinery	0,03		0,00	0,00		0,01	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00		2,88			184
Laptop	756	x	1,89	4,72	x	227	125	x	0,63	0,64	13	0,04	x	9,43	x	0,00	x	86	x	x	373
Battery	2,87		0,01	0,02		0,86	0,47		0,14	0,07	0,05	0,00		0,04		0,00		17			67
Mobile phone	0,41	x	11	0,00	x	0,12	0,07	x	5,40	7,78	0,01	0,41	0,00	0,01	x	0,01	x	20	x	x	538
Potentiometer	0,98		0,00	0,01		0,29	0,16		0,47	0,25	0,02	0,02		0,01		0,00		157			114
UV lamp	0,08		0,00	0,00		0,02	0,01		0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00		3,25			7,83
Diode	1,28		0,00	0,01	x	0,39	0,21	x	0,08	0,04	0,02	0,00	x	0,02		0,00		307			252
SMD-Transistor	2,67		0,01	0,02	x	0,80	0,44	x	4,45	2,34	0,05	0,16	x	0,03		0,00		857			892
LED	2,13		0,01	0,01		0,64	0,35		0,50	0,28	0,04	0,02		0,03		0,00		1173			903
Rail locomotive	2,26		0,01	0,01		0,68	0,37		0,06	0,03	0,04	0,00		0,03		0,00		6,06			295
Passenger car	7,52	x	0,02	0,05	x	2,25	1,24	x	0,54	1,05	0,13	0,05	x	0,09	x	0,00	x	18	x	x	421
Electric car	3009	x	7,54	19	x	902	496	x	0,10	0,07	53	0,00	x	38	x	0,00	x	25	x	x	581
Tanker	0,02	x	0,00	0,00	x	0,01	0,00	x	0,00	0,00	0,00	0,00	x	0,00	x	0,00	x	2,14	x	x	48

3.4.4 Stap 5: vergelijking van producten

Met de gegevens in Tabel 2 is te analyseren welk materiaal “er uit springt”: welke materiaal heeft de grootste bijdrage aan de milieu-impact van de geanalyseerde producten? Wanneer alle bijdrages opgeteld worden, blijkt Cerium de hoogste score te geven, maar deze wordt voornamelijk veroorzaakt door een extreem hoge bijdrage in magneten. Na cerium is zirkonium het meest gebruikte, gevolgd door lanthaan, neodymium en uranium. Alle andere grondstoffen hebben slechts bijdragen van 0,01 tot enkele tientallen grammen per ton product.

In Tabel 3 is samengevat per materiaal welke bronnen de voornaamste veroorzaker zijn van het verbruik. De reden dat de tabel is ingedeeld in gegroepeerde materialen, is dat deze materialen precies dezelfde samenstellingspatronen toonden; waarschijnlijk omdat ze gezamenlijk gewonnen worden en zo ook gemodelleerd zijn in de database.

Opvallend in de tabel is dat het vaakst de bulkmetalen genoemd worden: aluminium, koper, nikkel en staal. Deze scores worden voor een groot deel veroorzaakt door een proces in de keten waarbij een permanente magneet (permanent magnet, for electric motor) gebruikt wordt. Dit heeft dus in feite niets te maken met het aluminium zelf. Op de tweede plaats komen veelal elektronische producten, waar o.a. capacitors in zitten met veel zilver (dat samen met tellurium uit koper gewonnen wordt en waar zirconium in zit) en bijv. powertrains die ook weer magneten bevatten.

Tabel 3 Samenvatting van de voornaamste bronnen (degene die het hoogste percentage van het verbruik veroorzaakt per product) van verbruik. Bij de eerste twee materiaalgroepen is aangegeven hoe de onderliggende processen bijdragen aan het uiteindelijke verbruik, door middel van pijltjes (→) die naar de onderliggende niveaus in de keten verwijzen.

Materiaal	Voornaamste bron van verbruik (vaakst genoemd)	Af en toe genoemde voornaamste bron van verbruik	Overige (1x genoemd)	Conclusie: voornaamste onderliggende bron
Cerium, Europium, Gadolinium, Lanthanum, Neodymium, Praseodymium, Samarium (Lanthaniden)	Aluminium & steel (→ permanente magneet → neodymium oxide → rare earth concentrate winning)	Specifieke elektronische producten <ul style="list-style-type: none"> - Cationic/anionic resin, resistor, transistor, diode (factory → building → aluminium → enz.) - nickel battery (bevat electrodes van mischmetal → rare earth concentrate winning) - powertrain, electro magnet (→ neodymium oxide → rare earth concentrate winning) - LiMn2O4 cathodes, toner module, internal combustion engine (→ aluminium → enz.) - electronic components (→ capacitor → aluminium → enz.) 	Concrete (uit allerlei subprocessen, o.a. factory → building → aluminium → enz.)	Aluminium, want in voorproces (permanente magneet) wordt zeldzaam aarde concentraat gebruikt.

Materiaal	Voornaamste bron van verbruik (vaakst genoemd)	Af en toe genoemde voornaamste bron van verbruik	Overige (1x genoemd)	Conclusie: voornaamste onderliggende bron
Palladium, Platinum, Rhodium	Copper & nickel (beide deels door winning in platinum group mine) & steel (iron scrap → platinum mine)	<p>Specifieke elektronische producten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - cationic resin (chemical factory → electronics → printed wiring board → capacitors → palladium en chemical factory → copper → enz.) - anionic resin (trimethylamine → ammonia & methanol → nickel → enz.) - printed wiring board (→ capacitors/resistors → palladium) - neodymium oxide (→ chemical factory/building → copper → enz.) - anode (→ copper → enz.) - electronic components (cables/buildings → copper → enz) - internal combustion engine (zit platinum in) - Li ion battery (→ battery cell → anode → copper → enz) <p>Daarnaast: palladium & platinum production (gemengde winning)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Brass (→ copper → enz.) - Bronze (→ copper → enz.) - Ceramics (→ factory → building → copper → enz.) 	<p>Koper, want heeft deels een gemengde winning met platinalgroep-metalen</p> <p>Daarnaast: directe winning van palladium & platinum</p>
Tellurium	<p>Copper (→ printed wiring boards → capacitors /integrated circuits → silver → anode slime (silver & tellurium containing))</p> <p>Steel (→ iron scrap → printed wiring boards → enz)</p> <p>Aluminium (→ capacitors → silver → enz.)</p>	<p>Specifieke elektronische producten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - printed wiring boards - electronics for control units - anionic & cationic resin, neodymium oxide - toner module - LiMn2O4 cathodes - Resistor - transistor auxiliaries - diodes - glider - powertrain components 	Concrete	Zilver van anode slime dat zilver en tellurium bevat
Uranium	Steel & copper	<p>Specifieke elektronische producten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - cationic & anionic resin - toner module - printed wiring board - neodymium oxide - LiMn2O4 cathodes - electronic components - resistor - transistor auxiliaries - diode production - glider 	<ul style="list-style-type: none"> - Concrete - Polystyrene - Polypropylene - Ceramics - liquid nitrogen 	

Materiaal	Voornaamste bron van verbruik (vaakst genoemd)	Af en toe genoemde voornaamste bron van verbruik	Overige (1x genoemd)	Conclusie: voornaamste onderliggende bron
Zirkonium	Steel & copper & alkyd paint	Plastic productieprocessen Specifieke elektronische producten <ul style="list-style-type: none"> - toner module - printed wiring board - neodymium oxide - anode - electronic components - resistor - diode production - transistor auxiliaries - glider 	<ul style="list-style-type: none"> - Powder coating - Spent anion exchange (waste) → titanium dioxide production due to ilmenite and rutile winning) - nickel production - ceramics - ultrapure water - hydrogen fluoride 	

De conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat de milieudatabase Ecoinvent laat zien welke sub processen de voornaamste verbruikers zijn van schaarse materialen. De voornaamste sub processen zijn in feite niet de grote metalen (staal, koper, nikkel), maar de typische sub processen die daar weer onder hangen, zoals de magneet waar neodymium oxide in zit. Dit betekent dat het interpreteren van de resultaten afhankelijk is van de precisie waarmee Ecoinvent gemodelleerd is, hetgeen verschilt per product⁹. Aan de hand van Tabel 2 zijn dus geen sluitende conclusies te verbinden: als er geen getal of kruisje bij een bepaald materiaal staat, wil dat niet met zekerheid zeggen dat dit materiaal niet voorkomt in een bepaald product. Het omgekeerde is tot op zekere hoogte ook waar: de waardes in de tabel zijn indicatief, want gebaseerd op de algemene producten die in Ecoinvent gemodelleerd zijn en die niet altijd een afspiegeling zijn van de volledige markt (zie ook voetnoot 9).

Verder blijkt uit Tabel 2 dat op basis van Ecoinvent veel getallen uit de in de GSS ingezette koppelmatrix konden worden toegevoegd (groene) en aangepast (rode getallen). Het aandeel kritieke metalen is dus groter dan op basis van eerdere studies (rode getallen en paarse kruisjes) werd aangenomen. Daarnaast kon er op basis van Ecoinvent verfijnd worden door de binaire waardes voor een flink aantal materialen aan te passen naar “echte” waardes (de rode getallen). Ecoinvent dekt ook niet alles te zien aan de vele grijze kolommen; deze materialen komen simpelweg niet in Ecoinvent voor. Ze zijn wel handmatig te modelleren (dit was het geval bij Ruthenium in mobiele telefoons), maar de informatie is dus niet uit de database te halen.

Dit brengt ons meteen ook bij de tweede beperking van Ecoinvent: zoals al eerder gezegd zijn de meeste materialen afkomstig uit sub producten en niet uit het hoofdproduct zelf. Dit maakt dat Ecoinvent interessant is als bron voor informatie over onderliggende processen en impacts, maar verre van volledig is en helaas ongeschikt als informatiebron betreffende gebruik van kritieke materialen in prominente producten (voorgroedprocessen).

⁹ Ter voorbeeld: sommige producten bestaan uit een zeer uitgebreide opsomming van materialen; bij andere producten is echter geschikt op details: een helicopter bestaat volgens Ecoinvent uit “500 kg staal en 500 kg aluminium”.

Bij zestien van de tweeëndertig geanalyseerde producten werd Ecoinvent of de alternatieve literatuurbron als goed beschouwd voor de analyse en bij zes voldoende. Bij vijf producten was de informatiebron matig tot slecht (dient eigenlijk verbeterd te worden voor nadere analyse) en vier producten waren geheel niet analyseerbaar bij gebrek aan data. Dit illustreert hoe wisselend de toepasbaarheid van LCA-bronnen is voor de analyse van de toepassing van schaarse materialen. LCA-bronnen waren een waardevolle aanvulling in de helft van de onderzochte gevallen.

3.5 Conclusies en aanbevelingen

De analyses van de LCA-data tonen aan dat in de Ecoinvent v3.0 database nog zelden de primaire productieprocessen van kritieke metalen (waaronder de zeldzaam aardmetalen) voorkomen; de geanalyseerde grondstoffen zijn voornamelijk gerelateerd aan enkele specifieke sub processen in de productieketens van de producten, maar dus niet onderzocht als primaire input/grondstof voor de producten zelf.

Dit toont aan dat Ecoinvent nog weinig focust op kritieke materialen. Daarnaast is in Ecoinvent soms ook simpelweg een prioritering op massabasis uitgevoerd waarbij kritieke materialen met een kleine bijdrage buiten de analyse vallen. Dit is een beperkende factor voor het gebruik van deze database voor de GSS.

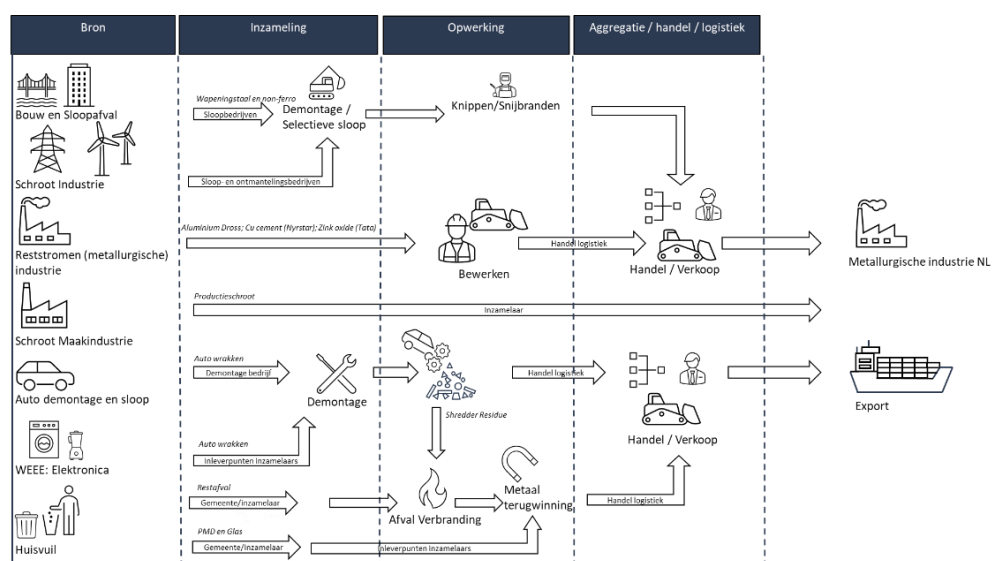
Op het internet zijn voor bepaalde producten zoals mobiele telefoons allerlei studies, meer en minder wetenschappelijk, te vinden die de samenstelling van het product opsommen. Helaas wisselen deze studies vaak in volledigheid en transparantie. Daarnaast kost het veel zoekwerk om de studies te vinden en te beoordelen op volledigheid. Samenstellingen van producten zoeken via deze weg lijkt dus niet heel productief. Voor het detailleren van productanalyses kan dit een geschikt middel zijn, maar dat is niet het doel van dit project.

Deze verkennende analyse toonde helder aan hoe LCA-gegevens inzicht kunnen bieden waar in de keten “verborgen” gebruik van bepaalde grondstoffen optreedt, bijvoorbeeld als bijeffect van de winning van andere stoffen en door kleine hoeveelheden materiaal die een lange keten als voorgeschiedenis hebben. LCA-bronnen zouden een aanvulling kunnen zijn voor een deel van de reeds gebruikte informatiebronnen wat betreft gebruik van schaarse materialen.

4 Secundaire stromen in Nederland – een methodische aanpak

4.1 Inleiding: zoektocht naar informatie over metaalschroot

Om de herkomst en samenstelling van metaalschroot inzichtelijk te krijgen is de markt opgedeeld in 8 verschillende markten (Figuur 1). Per markt is literatuuronderzoek gedaan naar informatie over de totale generatie van afval en over het metaalgehalte per bron. Het literatuuronderzoek liet zien dat de categorieën uitgebreid zouden kunnen worden met Batterijen en de categorie schroot onderverdeeld zou kunnen worden in metaalschroot en commercieel schroot.



Figuur 1 Collectie schroot schematische weergave

Bouw- en Sloopafval en betonpuin

Bouw en sloopafval is wereldwijd de grootste afvalcategorie en bevat een significante hoeveelheid basismetalen als ijzer in de vorm van wapeningstaal, koper en koperlegeringen, aluminium, lood en zink. De samenstelling van de metalen is afhankelijk van de type bouw en de periode waarin het is gebouwd. Het rapport over “Materiaalstromen in de woning en utiliteitsbouw” (2020) opgesteld door Metabolic en EIB geeft inzicht in de hoeveelheid metalen aanwezig in bouw en sloopafval.

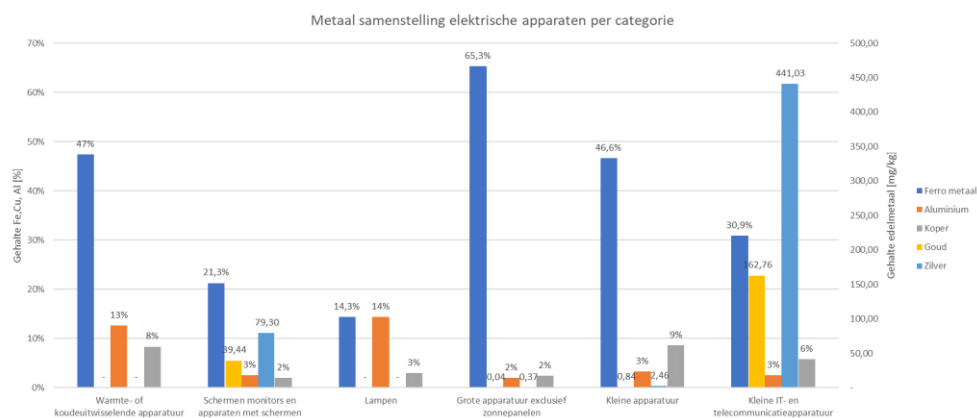
Afvalverbranding en PMD-Nascheiding

De beschikbare bronnen bespreken de metaalterugwinning uit afvalverbranding en PMD in combinatie vanwege de gecombineerde rapportage-verplichting van de branchevereniging van aluminium (RAVN) en blikproducenten (SKB) en Afvalfonds Verpakkingen. Daarnaast rapporteert de Vereniging Afvalbedrijven (VA) jaarlijks de gecombineerde metaalterugwinning uit huisvuilverbranding van alle 12 afvalverbrandingsinstallaties in Nederland.

De rapportage “recyclingpercentage metaalverpakkingen in Nederland in 2017” (december 2020) geeft een overzicht van de metalen teruggewonnen uit separaat ingezameld PMD, nascheiding van huisvuil en glasrecycling.

WEEE

Inzicht in de secundaire metaalstromen uit WEEE kan afgeleid worden door een combinatie van data over totale hoeveelheid WEEE (Nationaal WEEE register – rapportage 2019) en over de samenstelling van elektrische componenten (Feng Wang (2014)). Deze combinatie levert een inschatting per categorie welke hoeveelheden apparatuur ingenomen zijn en van de hoeveelheden ijzer, koper, aluminium, goud en zilver. Goede databronnen over het aandeel tin, lood en zink (in vorm messing), en REE (Rare Earth Elements) ontbreken. Van de 44 in het WEEE register genoemde apparaten zijn 27 verwerkt in de GSS-database. De massaverhouding waarin de materialen voorkomen is een aanname, en is nog voor verbetering vatbaar. Daarnaast zullen er nieuwe producten op de markt komen waardoor de metaalcompositie van WEEE op termijn zal veranderen. Dit geldt bijvoorbeeld voor zonnepanelen, waarvan er in 2019 124 ton is ingezameld en 74 ton is aangeboden voor recycling (Figuur 2).



Figuur 2 Samenstelling WEEE

Autoshredder

CBS rapporteert jaarlijks de getallen over ingenomen autowrakken voor demontage en sloop. Op basis van het jaarverslag van ARN valt op te maken welk gedeelte van de auto daadwerkelijk naar de shredder gaat.

Metalen die niet worden afgescheiden blijven achter in de SLF (shredder light fractie) die als brandstof naar de afvalverbranding gaat. Een gedeelte van de aanwezige metalen in de SLF zullen terugkomen in de cijfers van de metaalterugwinning uit afvalverbranding. Batterijen uit autowrakken zijn geen onderdeel van deze rapportage.

Reststromen metallurgische en maakindustrie

Tabel 4 Reststromen uit de metallurgische industrie

Bedrijf	Locatie	Materiaal	Hoeveelheid	Opmerking
Aldel	Farmsum	Al-dross	4800 ton	2-4% van productie
Nyrstar	Budel	Cu-cement	4000 ton	Bron PBL midden Rapport
Tata Steel	IJmuiden	Zink oxide	30000 ton	

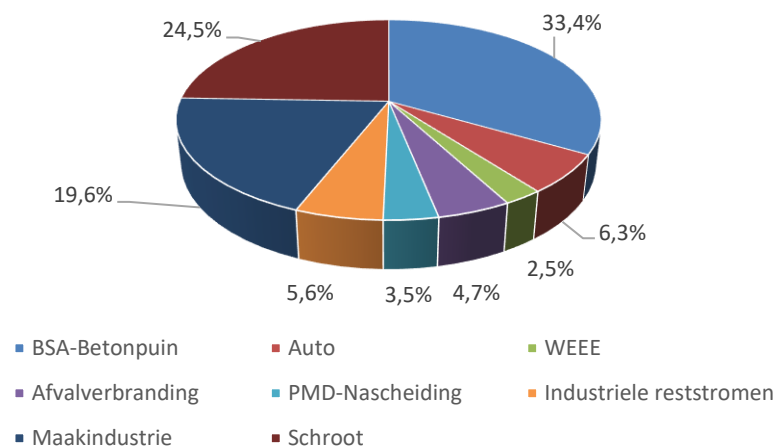
In Nederland zijn nog maar enkele metaalbedrijven actief die de in Tabel 4 getoonde metallische afvalstromen genereren.

Daarnaast produceren bedrijven uit de maakindustrie afvalstromen in de vorm van snijverlies. Dit draagt stevig bij aan de totale stroom metaalschroot (19,6%; zie Figuur 3).

Overzicht

Een overzicht van de secundaire metaalstromen die in deze paragraaf de revue passeerden is gegeven in Figuur 3.

Overzicht metaalstromen EoL in NL



Figuur 3 Metaalschrootstromen in Nederland

4.2 Consumptie van schroot in Nederland

4.2.1 IJzer en Staal:

Na de sluiting van Nedstaal in 2017 is er geen vlamboogoven meer actief in Nederland. Purified Metal Company is opgestart in 2021 en heeft een capaciteit van 150.000 ton vervuild staal (in de GSS rapportage is dit niet meegenomen omdat het basisjaar 2019 is). Van Merkensteijn, een hekwerkproducent uit Almelo, is voornemens om te investeren in een nieuwe vlamboogoven voor omsmelten van secundair ijzer en staal, maar heeft hiervoor nog geen vergunning ontvangen. De huidige ijzer- en staalschrootconsumptie komt op dit moment voor rekening van Tata Steel, en in een beperkte mate van gieterijen. Tata geeft in het sustainability report over 2019 (bron: TataSteel) aan 519 kton schroot te hebben ingezet. Hierin is geen onderscheid gemaakt tussen schroot uit buitenland of binnenland.

Voor ijzergieterijen is de schatting dat 50kt schroot is ingezet (bron: Grip op ijzer en staal scrap, Casteller 2008).

4.2.2 Aluminium

In Nederland is één primaire aluminium producent actief: Aldel. De overige bedrijven genoemd in Tabel 5 zetten secundair aluminium in bij hun productieprocessen.

Tabel 5 Consumptie Nederlandse markt

Bedrijf	Locatie	Materiaal	Hoeveelheid	Opmerking
Aldel	Farmsum		50kton	
E-Max	Heerlen		54kton	2022 naar 80kton
Hydro	Drunen		27kton	
Zalco	Vlissingen		26kton	
Roba Metals	Farmsum		18 kton	
Tata Steel	IJmuiden	"desox" - BOF	2kton	
Totaal				

E-max heeft geïnvesteerd in 2 nieuwe smeltovens en zal de capaciteit uitbreiden naar 80kton in 2022.

4.2.3 Koper en koperlegeringen:

Eén van de afnemers van messing, LDM Brass uit Drunen, heeft in 2020 de productie stilgelegd. Doordat er over 2019 gerapporteerd wordt is de consumptie van metaal nog wel meegerekend. Het gaat dan om ongeveer 50 kton, voornamelijk schoon messing draaisel en schroot van de maakindustrie.

Aurubis in Zutphen is actief op het gebied de productie van dunne messing- en koperstrip. De productie bedraagt ongeveer 50 kton die hoofdzakelijk uit koper- en messingschroot wordt geproduceerd, aangevuld met zink.

4.3 Import van schroot

Gezien de gunstige ligging van Nederland, aan water met een grote haven en toegang tot grote industriële zones in Europa (Ruhrgebied, Antwerpen) vindt in Nederland veel handel in metaalschroot plaats. IJzer en staal worden voornamelijk geëxporteerd naar Turkije en Duitsland. Roestvrijstaal gaat naar België en Finland (Bron: CBS en BIR).

Voor de non-ferro metalen als aluminium en koper (beide ook als legeringen) heeft Nederland een functie als opwerker van schroot waardoor er import plaatsvindt. Echter, er is voor deze kwaliteit geen interne afzetmarkt beschikbaar.

4.4 Opzet van een database voor de GSS

In de actualisatie van de GSS is een database rond metaalschroot opgenomen die is opgedeeld in 8 afvalcategorieën. Voor elke categorie is de totale hoeveelheid afval per jaar bepaald waarbij, zover mogelijk, 2019 als uitgangspunt is genomen. Uit rapportages, artikelen en onderzoeken is bepaald wat de gemiddelde metaalcompositie is van deze afvalcategorie. Voor de compositie is gekozen om zover mogelijk te rapporteren op het niveau van zuiver metaal; het merendeel van de metalen zal echter als legering aanwezig zijn.

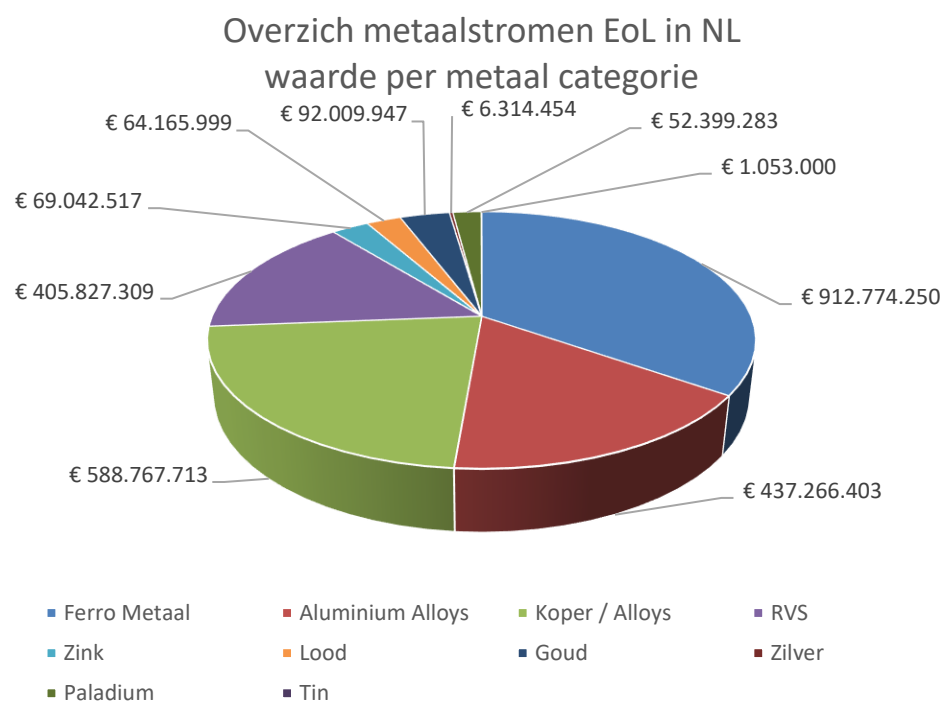
Omdat het hier afvalstromen betreft, zijn veel van de data publiek beschikbaar. Brancheverenigingen verzorgen hierover een jaarverslag die de basis vormen onder de data over hoeveelheid, en soms ook de samenstelling van metaalschroot. Voor de categorieën maakindustrie en algemeen schroot bleken data niet direct voorhanden. Om dit te ondervangen is gebruik gemaakt van de CBS Statline import/export data over 2019. Op basis van onderzoek uitgevoerd door Casteller (2008) is een schatting gemaakt voor de hoeveelheid schroot afkomstig van de maakindustrie en algemeen schroot.

Verliezen in het systeem zijn niet opgenomen in de database, omdat het metaal als beschikbaar wordt gezien wanneer het op de recycling markt komt. Ook zijn schroot-voorraden niet opgenomen, vanwege dezelfde reden. Voor de categorieën Plastics, Metaal, Drankverpakkingen (PMD) en Afvalverbranding gaat het om de metalen beschikbaar aan het einde van de keten, oftewel het product uit een nascheidingsinstallatie of uit opwerking van bodemassen van afvalverbrandingsinstallaties. Voor de autorecycling gaat het om de autowrakken die worden afgemeld bij de RDW (zoals gerapporteerd door CBS). De hoeveelheid WEEE is gebaseerd op de rapportage van WEEE-register, die de totaal ingezamelde hoeveelheid per jaar aan EoL producten (per categorie) vermeldt. Voor de reststromen van de metallurgische industrie is gebruik gemaakt van publiek beschikbare bronnen (Bron: PBL rapportage MIDDEN rapport zink).

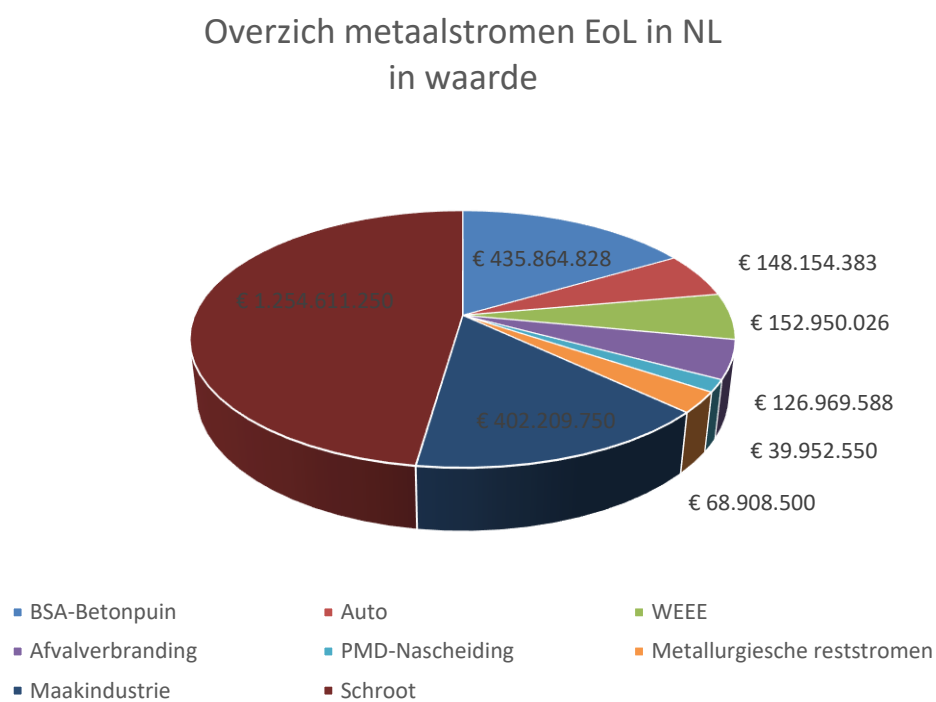
Door de opzet van de database kan op basis van nieuwe inzichten of verandering van aanbod de database worden geactualiseerd. Met name het aanbod aan metalen in autowrakken zal gaan veranderen. Ook in de metaalschrootconsumptie zullen veranderingen optreden door de opstart van nieuwe fabrieken (PMC), uitbreiding (E-max) of stilleggen/sluiting van productie (LDM Drunen).

4.4.1 *Waarde metaalschroot*

Op basis van de CBS-data is de waarde van metaalschroot goed te achterhalen. De waarde van de verschillende metaalsoorten staat in Figuur 4. Een beeld van de waarde naar herkomst van het metaalschroot is gegeven in Figuur 5.



Figuur 4 Overzicht waarde metaalstromen



Figuur 5 Overzicht metaalstromen in waarde voor verschillende herkomst

4.5 Milieu-impact metaalschroot

Voor het bepalen van de milieu-impact van secundair metaal is de vergelijking gemaakt met de impact van primaire stromen van die metalen. Hierbij is de factor voor broeikasgas (meestal CO₂) emissie leidend genomen. Deze factor is het best beschreven en krijgt in beleidsdocumenten naar verwachting ook de meeste aandacht.

Tabel 6 Gebruikte factor voor milieudruk per metaal

Grondstof		Factor om impacts t.o.v. primaire grondstof te bepalen
Aluminium	van Dril (2019)	0,192
Koper	EEA (2019)	0,242
Goud	Fritz (2020)	0,010
Staal	Worldsteel Association (2021)	0,19
Lood	NF metal (2016)	0,006
Palladium	Hagelüken (2012)	0,010
Zilver	Silver Institute (2021)	0,010
Zink	Kortes, van Dril (2019)	0,440

4.6 Conclusies en Aanbevelingen

Met verschillende afvalcategorieën kan het metaal aanwezig in EoL producten en schroot goed in kaart worden gebracht. CBS-handelsgegevens (Statline en Afvalbalans) kunnen worden gebruikt om de secundaire stromen te verifiëren.

Prijzen voor secundair ijzer, staal en RoestVrijStaal (RVS) laten zien dat RVS als separate productgroep beschouwd moet worden.

Voor Aluminium worden de gerapporteerde schrootstromen hoger ingeschat dan de exportcijfers van het CBS. De getallen voor de schroot en maakindustrie zijn een inschatting op basis van diverse bronnen. Mogelijk zijn deze 50-75 kiloton te hoog.

Bijlage A: Geraadpleegde Bronnen secundair metaal

BSA-Betonpuin:

- Rapport Materiaalstromen in de woning en utiliteitsbouw (januari 2020), EIB, Metabolic, SGS Search.
- Master thesis: High quality recycling of construction and demolition waste in the Netherlands
Lisanne Mulders (2013) Universiteit Utrecht -

WEEE

- Feng Wang (2014) E-waste: collect more, treat better. Tracking take-back system performance for eco-efficient electronics recycling. PhD thesis – TU Delft.
- <https://www.nationaalweeeregister.nl/> : Rapportage (aan Overheid) 2019
- EU: DIRECTIVE 2012/19/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL; of 4 July 2012; on waste electrical and electronic equipment (WEEE): Annex IV.

Auto

- <http://www.urbanmineplatform.eu/urbanmine/vehicles/quantity>
- [StatLine - Motorvoertuigen; sloop van personenauto's en bedrijfsauto's, gewichtsklasse \(cbs.nl\)](#)
- [ARN Duurzaamheidsverslag 2017](#)

Afvalverbranding en PMD

- <https://www.verenigingafvalbedrijven.nl/>
- Afvalverwerking in Nederland, gegevens 2018 (Vereniging Afvalbedrijven, Rijkswaterstaat – Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (maart 2020): <https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/linkportaal/publicaties/downloads/downloads-0/afvalverwerking-nederland-gegevens-2018/>
- Recyclingpercentage metaalverpakkingen in Nederland in 2017 (2020), WUR

IJzer consumptie:

- TSE Sustainability Report: Tata Steel in Europa Duurzaamheidsverslag 2019/2020
- BIR: WORLD STEEL RECYCLING IN FIGURES 2015 – 2019 – 11th edition (2020)
- BIR: Report on the Environmental Benefits of Recycling – 2016 edition
- PBL-2019 Decarbonation options for the Dutch Zinc industry
- PBL-2019 Decarbonation options for the Dutch Aluminium industry
- Aurubis annual report fy 2019_2020
- Grip op aluminium scrap (Casteller 2008)
- Grip op ijzer en staal scrap (Casteller 2008)

Metaal Prijzen

- <https://www.lbma.org.uk/prices-and-data/precious-metal-prices#/>

Milieu data

De volgende bronnen zijn gebruikt om de factor te bepalen die de milieu-impact van secundair t.o.v. primair bepaalt:

Tabel 7 Bronnen per metaalstroom

Grondstof		
Aluminium	van Dril (2019)	Decarbonisation options for the Dutch aluminium industry PBL Netherlands Environmental Assessment Agency
Koper	EEA (2019)	https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/2-industrial-processes/2-c-metal-production/2-c-7-a-copper
Goud	Fritz (2020)	Environmental impact of high-value gold scrap recycling SpringerLink
IJzer	Worldsteel Association (2021)	World Steel Association releases paper on CO2 emission reduction - Recycling Today
Lood	NF metal (2016)	https://cwm.unitar.org/publications/publications/cbl/prtr/pdf/cat5/fnonferm.pdf
Palladium	Hagelüken (2012)	https://www.ingentaconnect.com/content/matthey/pmr/2012/00000056/00000001/art00004;jsessionid=5vd0n1omkbsg5.x-ic-live-01
Zilver	Silver Institute (2021)	https://www.silverinstitute.org/sustainability/
Zink	Kortes, van Dril (2019)	Decarbonisation options for the Dutch zinc industry PBL Netherlands Environmental Assessment Agency

Bijlage B: volledige lijst van geanalyseerde producten

Tabel 8 Geselecteerde producten in deze studie. Lichtgrijs gemarkeerde producten zijn wel gezocht, maar konden niet berekend worden. In de laatste kolom is toegelicht wat de kwaliteit van de data en de berekening is: good – sufficient- moderate – insufficient.

HS96 code ¹⁰	Short name	Description HS96	GN label	Ecoinvent record	Comment	Appropriateness of calculation
840110	Nuclear plant with PWR reactor	Nuclear Reactors	NUCLEAR [EURATOM]	REACTORS	nuclear power plant construction, pressure water reactor 1000MW RoW	- sufficient
841410	Air compressor	Vacuum Pumps	VACUUM PUMPS, FOR AIRCRAFT	CIVIL	air compressor, screw-type compressor, 300kW {RoW} production	- sufficient
841510	Blower and heat exchanger	Air Conditioning Machines, Window Or Wall Types, Self	WINDOW OR WALL AIR CONDITIONING MACHINES, SELF-CONTAINED	AIR	blower and heat exchange unit production, decentralized, 180-250 m3/h RER	- good
841810	Refrigerator	Refrigerators, Household Type (Electric Or Other), Whether Or Not Containing A Deep	COMBINED REFRIGERATORS-FREEZERS, WITH SEPARATE EXTERNAL DOORS, FOR AIRCRAFT	CIVIL	modelled manually after Kim et al 2006	sufficient

¹⁰ Adjusted to capture differences with CN11.

HS96 code ¹⁰	Short name	Description HS96	GN label	Ecoinvent record	Comment	Appropriateness of calculation
842121	Water purifying installation	Machinery For Filtering And Purifying Water	MACHINERY AND APPARATUS FOR FILTERING OR PURIFYING WATER	ion-exchanger production for water treatment RoW	this process is maybe too specific	good
842230	Packing machine	Packing Or Wrapping Machinery, N.E.S.	MACHINERY FOR FILLING, CLOSING, SEALING, CAPSULING OR LABELLING BOTTLES, CANS, BOXES, BAGS OR OTHER CONTAINERS; MACHINERY FOR AERATING BEVERAGES	packing, lime product RoW	industrial machine + conveyor belt	moderate
842952	Building machine	Mechanical Shovels, Excavators And Shovel Loaders With A 360 Degree Revolving Superstructure, Self	SELF-PROPELLED MECHANICAL SHOVELS WITH A 360. REVOLVING SUPERSTRUCTURE	building machine - production RER		good
843280	Tillage machinery	Agricultural And Horticultural Or Forestry Machinery For Soil Preparation Or Cultivation, N.E.S.; Lawn Or Sports Ground Rollers	AGRICULTURAL, HORTICULTURAL OR FORESTRY MACHINERY FOR SOIL PREPARATION OR CULTIVATION; LAWN OR SPORTS-GROUND ROLLERS (EXCL. SPRAYERS AND DUSTERS, PLOUGHS, HARROWS, SCARIFIERS, CULTIVATORS, WEEDERS, HOES, SEEDERS, PLANTERS,	agricultural machinery - production, tillage RoW		good

HS96 code ¹⁰	Short name	Description HS96	GN label	Ecoinvent record	Comment	Appropriateness of calculation
			MANURE SPREADERS AND FERTILISER			
843830	Sugar refinery	Machinery, N.E.S., For The Industrial Preparation Or Manufacture Of Food Or Drink	MACHINERY FOR SUGAR MANUFACTURE (EXCL. CENTRIFUGES AND FILTERING, HEATING OR REFRIGERATING EQUIPMENT)	sugar refinery construction GLO	the Ecoinvent record is for the plant, but the GN description asks for machinery	insufficient
844311	Printer	Offset Printing Machinery, Reel Fed	OFFSET PRINTING MACHINERY, REEL FED	printer production, laser, colour GLO	this is a laser printer instead of reel fed	sufficient
847130	Laptop	Digital Processng Units, Tablets, whether Or Not Presented With The Rest Of The System Which May Contain Storage Units, Input Units Or Output Units	DATA-PROCESSING MACHINES, AUTOMATIC, DIGITAL, PORTABLE, WEIGHING <= 10 KG, CONSISTING OF AT LEAST A CENTRAL PROCESSING UNIT, A KEYBOARD AND A DISPLAY (EXCL. PERIPHERAL UNITS)	computer production, laptop GLO	-	good
850590	Magnet	Electromagnets; Permanent Magnets And Articles To Be Permanent After Magnetization; Electromagnetic Or Permanent Magnet Chucks, Clamps Etc.; Parts	ELECTROMAGNETS (EXCL. MAGNETS FOR MEDICAL USE)	permanent magnet production, for electric motor GLO	-	sufficient

HS96 code ¹⁰	Short name	Description HS96	GN label	Ecoinvent record	Comment	Appropriateness of calculation
850650	Battery	Primary Cells And Primary Batteries	LITHIUM CELLS AND BATTERIES, IN THE FORM OF CYLINDRICAL CELLS (EXCL. SPENT)	battery cell production, Li-ion RoW	-	good
850910	Vacuum cleaner	Vacuum Cleaners And Floor Polishers, Electromechanical, Domestic, With Self	DOMESTIC VACUUM CLEANERS, INCL. DRY CLEANERS AND WET VACUUM CLEANERS, WITH SELF-CONTAINED ELECTRIC MOTOR, FOR A VOLTAGE >= 110 V	Based on Barba-Gutiérrez, Adenso-Díaz & Lozano (2009)	bulk materials only, no rare materials in this recipe	insufficient
850940	Food mixer	Food Grinders And Mixers; Fruit Or Vegetable Juice Extractors, Electromechanical, Domestic	DOMESTIC FOOD GRINDERS AND MIXERS AND FRUIT OR VEGETABLE JUICE EXTRACTORS, WITH SELF-CONTAINED ELECTRIC MOTOR	-	not found, nor in literature!	insufficient
851610	Coffee machine	Electric Instantaneous Or Storage Water Heaters And Immersion Heaters	ELECTRIC INSTANTANEOUS WATER HEATERS	Based on Barba-Gutiérrez, Adenso-Díaz & Lozano (2009)	bulk materials only, no rare materials in this recipe	insufficient
851621	Electric radiator	Electric Space Heating And Electric Soil Heating Apparatus	ELECTRIC STORAGE HEATING RADIATORS, FOR SPACE-HEATING		not found, nor in literature!	insufficient
851650	Microwave	Electric Ovens And Cookers, Cooking Plates, Boiling Rings, Grillers And Roasters	MICROWAVE OVENS, FOR DOMESTIC USE	Based on Jungbluth (1997)	bulk materials only, no rare materials in this recipe	insufficient

HS96 code ¹⁰	Short name	Description HS96	GN label	Ecoinvent record	Comment	Appropriateness of calculation
851711	Mobile phone	Telephonic Sets for cellular networks (GSM, Cellulair)	TELEPHONE SETS FOR LINE TELEPHONY (EXCL. ENTRY-PHONE SYSTEMS)	Based on combination of literature sources	the two descriptions differ. Cell or mobile phone?	good
853331	Potentiometer	Wirewound Electrical Variable Resistors (Including Rheostats And Potentiometers)	WIREWOUND VARIABLE ELECTRICAL RESISTORS, INCL. RHEOSTATS AND POTENTIOMETERS, FOR A POWER HANDLING CAPACITY <= 20 W (EXCL. HEATING RESISTORS)	potentiometer production, unspecified GLO	-	good
853941	UV lamp	Ultraviolet Or Infrared Lamps; Arc Lamps	ULTRA-VIOLET LAMPS	ultraviolet lamp production, for water disinfection GLO	-	good
854110	Diode	Diodes, Not Photosensitive Nor Light Emitting Diodes	DIODES (EXCL. PHOTOSENSITIVE OR LIGHT EMITTING DIODES)	diode production, auxillaries and energy use GLO	-	good
854121	SMD-Transistor	Transistors (Excluding Photosensitive Transistors) With A Dissipation Rate Of Less Than 1 Watt	TRANSISTORS WITH A DISSIPATION RATE < 1 W (EXCL. PHOTOSENSITIVE TRANSISTORS)	transistor production, surface-mounted GLO	Insecure if type is correct?	good
854140	LED	Photosensitive Semiconductor Devices; Light Emitting Diodes	LIGHT-EMITTING DIODES, INCL. LASER DIODES	light emitting diode production GLO	this one also contains the unspecified 'diode' and is thus referring to the diode record...might cause	good

HS96 code ¹⁰	Short name	Description HS96	GN label	Ecoinvent record	Comment	Appropriateness of calculation
					complexities in interpretation	
860110	Rail locomotive	Rail Locomotives Powered From An External Source Of Electricity	RAIL LOCOMOTIVES POWERED FROM AN EXTERNAL SOURCE OF ELECTRICITY	locomotive production	-	good
870321	Passenger car	Motor Vehicles For The Transport Of Persons (Other Than Public Transport), N.E.S.	MOTOR CARS AND OTHER MOTOR VEHICLES PRINCIPALLY DESIGNED FOR THE TRANSPORT OF PERSONS, INCL. STATION WAGONS AND RACING CARS, WITH SPARK-IGNITION INTERNAL COMBUSTION RECIPROCATING PISTON ENGINE OF A CYLINDER CAPACITY <= 1.000 CM³, NEW (EXCL. VEHICLES FOR T	passenger car production, petrol/natural gas	-	good
870390	Electric car	Motor Vehicles For The Transport Of Persons (Other Than Public Transport), N.E.S., hybrid cars	MOTOR CARS AND OTHER VEHICLES PRINCIPALLY DESIGNED FOR THE TRANSPORT OF PERSONS, WITH ELECTRIC MOTORS (EXCL. MOTOR VEHICLES OF HEADING 8702, VEHICLES FOR THE TRANSPORT OF PERSONS ON SNOW AND OTHER SPECIALLY	Combination of passenger car production, electric, without battery and Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic GLO	-	good

HS96 code ¹⁰	Short name	Description HS96	GN label	Ecoinvent record	Comment	Appropriateness of calculation
			DESIGNED VEHICLES OF SUBHEADING 8703.10)			
871110	Motor scooter	Motorcycles With Reciprocating Internal Combustion Piston Engine Of A Cylinder Capacity Not Exceeding 50 Cc	MOTORCYCLES, INCL. MOPEDS, AND CYCLES FITTED WITH AN AUXILIARY MOTOR, WITH RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION PISTON ENGINE OF A CYLINDER CAPACITY <= 50 CM ³	Motor scooter, 50 cubic cm engine RER	different products might differ quite a lot (e.g. motor scooter or motor bicycle)	sufficient
880211	Helicopter	Helicopters Of An Unladen Weight Not Exceeding 2,000 Kg	HELICOPTERS OF AN UNLADEN WEIGHT <= 2.000 KG	helicopter production GLO	helicopter in Ecoinvent consists only of 500 kg steel and 500 kg aluminium...	insufficient
880240	Aircraft medium haul	Airplanes And Other Aircraft, Mechanically Propelled (Other Than Helicopters), Of An Unladen Weight Exceeding 15,000 Kg	AEROPLANES AND OTHER POWERED AIRCRAFT OF AN OF AN UNLADEN WEIGHT > 15.000 KG (EXCL. HELICOPTERS AND DIRIGIBLES)	aircraft production, medium haul RER	aircraft in Ecoinvent consists only of 55000 kg aluminium and 6000 kg PE...	insufficient
890120	Tanker	Tankers Of All Kinds	SEA-GOING TANKERS	tanker production, transoceanic GLO	description is unclear: sea going or general?	good

5 Ondertekening

Naam van de opdrachtgever:
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)

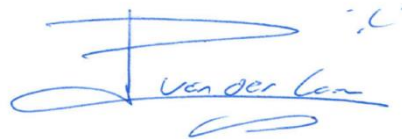
Datum waarop of tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgehad:
1 september - 20 december 2021

Naam en functies van medewerkers:
Ir. E. Rietveld

Naam en paraaf tweede lezer:
Dr. A.G.T.M. Bastein

Ondertekening:

Autorisatie vrijgave:



Ir. H.C. Koops
Projectleider

Dr. ir. G.P. van der Laan
Research Manager