

**Datainventarisatie over de
herkomst, gebruik en de
recyclage van metalen
binnen Vlaanderen**



Documentbeschrijving

1. *Titel publicatie*

Datainventarisatie over de herkomst, gebruik en de recyclage van metalen binnen Vlaanderen

2. *Verantwoordelijke Uitgever*

Danny Wille, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen

3. *Wettelijk Depot nummer*

4. *Aantal bladzijden*

31

5. *Aantal tabellen en figuren*

6. *Prijs**

7. *Datum Publicatie*

8. *Trefwoorden*

9. *Samenvatting*

10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*

An Vercalsteren (VITO)
Ann Van der Linden (VITO)

11. *Contactperso(o)n(en)*

12. *Andere titels over dit onderwerp*

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: <http://www.ovam.be>

Inhoudstafel

1	Inleiding	7
2	Inventarisatie gebruik bulkmetalen	9
2.1	Inleiding	9
2.1.1	Ijzer (en staal) (Fe)	9
2.1.2	Aluminium (Al)	12
2.1.3	Magnesium (Mg)	13
2.1.4	Lithium (Li)	15
2.1.5	Tin (Sn)	16
2.1.6	Nikkel (Ni)	17
2.1.7	Koper (Cu)	19
2.1.8	Lood (Pb)	21
2.1.9	Zink (Zn)	22
2.1.10	Chroom (Cr)	24
2.1.11	Mangaan (Mn)	25
Bijlage 1:	Lijst van tabellen	27
Bijlage 2:	Lijst van figuren	29
Bijlage 3:	Bibliografie	31

1 Inleiding

De beschikbaarheid van metalen staat steeds meer onder druk. De beschikbare voorraad van een metaal is een belangrijk element in duurzaamheid. Met beschikbare voorraad wordt bedoeld zowel de voorraad aan metalen in ontginbare mijnen, als de hoeveelheid metalen die recupereerbaar zijn uit de stadsmijn. Wanneer een bepaald productie- en consumptiepatroon leidt tot een stelselmatige vermindering van de beschikbare voorraad metaal (op nationaal niveau en zeker op wereldniveau), is er per definitie geen sprake van duurzaamheid: de productie- en consumptiepatronen gaan maar door tot wanneer de beschikbare voorraad op is. Het komt er dus op aan materiaalkringlopen zo te organiseren dat de beschikbare voorraden niet slinken.

In dit onderzoek wordt een methodologie ontwikkeld waarmee een overzicht wordt gemaakt van de vraag naar materialen door de Vlaamse economie (vanuit een consumptieperspectief). Het uiteindelijke doel is om op lange termijn een model te bouwen waarmee in kaart gebracht wordt in welke producten en toepassingen verschillende metalen in de Vlaamse economie (bekeken vanuit een consumptieperspectief) worden gebruikt. Bovendien wordt in kaart gebracht wanneer, op welke manier en in welke hoeveelheden deze metalen na afdanking worden verwerkt. Er wordt hierbij rekening gehouden met inzamelpercentages, recyclageroutes en verliezen waarbij eventuele 'lekken' in het systeem in kaart worden gebracht. Wanneer verschillende recyclageroutes/recyclagetechnologieën beschikbaar zijn wordt ook de impact van de keuze voor een bepaalde route/technologie in kaart gebracht.

Dergelijke methodologie wordt idealiter ontwikkeld op basis van een welbepaalde case. De keuze voor een specifiek materiaal hiervoor is erg belangrijk en wordt gemaakt in de eerste stap in deze studie. Omdat de focus moet liggen op de methodologie-ontwikkeling zelf (meer dan op het materiaal) wordt geopteerd voor een materiaal waar:

- voldoende informatie over beschikbaar is
- er duidelijke en afgelijnde toepassingen zijn
- er op middellange termijn een risico is op bevoorrading.

De keuze wordt gemaakt op basis van een beperkte literatuurstudie waarbij voor de bulk (of carrier-) metalen een overzicht wordt gemaakt van de toepassingsgebieden en specifieke aandachts- of knelpunten.

In de tweede stap van het onderzoek wordt de basis gelegd voor de te ontwikkelen methodologie. Hierbij wordt rekening gehouden met minstens volgende aspecten :

- levensduur/omlooptijd van producten/toepassingen
 - hoe evolueert de voorraad in de samenleving
 - waar treden verliezen op (lekstromen)
- link tussen Vlaamse stock aan metalen, incl. inzameling, de locatie van recyclage en de inzet in productie (het is niet zo zeer belangrijk waar het materiaal gerecycleerd wordt, het is wel van belang dat het materiaal gerecycleerd kan worden)

- Welke recyclageroutes zijn mogelijk en wat zijn de gevolgen van de keuze voor een bepaalde route (welke materialen gaan verloren bij de keuze voor een bepaalde recyclageroute)

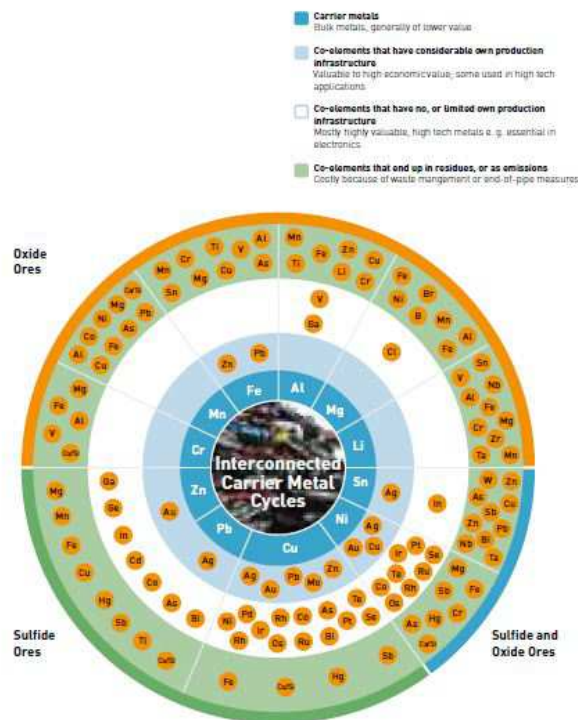
2 Inventarisatie gebruik bulkmetalen

De inhoud van dit hoofdstuk is hoofdzakelijk gebaseerd op MARAS, UNEP, EU annex V...

2.1 Inleiding

De keuze voor het metaal dat gebruikt wordt om de methodologie uit te werken is gebaseerd op een beperkt literatuuronderzoek waarvoor voor de bulkmetalen (of carrier-metalen) een overzicht wordt gemaakt van de toepassingsgebieden en mogelijke knel- of aandachtspunten die verbonden zijn aan het (gebruik van) metaal.

Bulkmetalen zijn de carrier-metalen die de middelste ring vormen van het metaalwiel. Ze zijn de economische drijfveer voor het ginnen en produceren van het metaal. In het metaalwiel wordt schematisch weergegeven welke de verschillende co-elementen zijn van de carrier-metalen en in welke fase ze terecht komen tijdens de productie ervan.

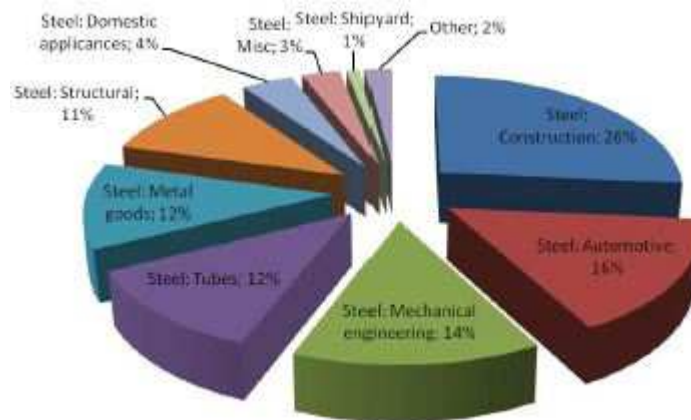


*Figuur 1: metaalwiel met 'carrier metals' en hun bijproducten
(Reuter et al., 2005 - UNEP, april 2013)*

2.1.1 Ijzer (en staal) (Fe)

Ijzer is een van de belangrijkste metalen en is het belangrijkste element onder de ferro-metalen. 98% van het ijzer wordt gebruikt in staal. De belangrijkste toepassingen van staal zijn te vinden in constructiewerken, transport, machines en toestellen en een breed gamma aan

consumentenproducten. De resterende 2% van het ijzer wordt gebruikt in kleurstoffen en chemicaliën.



Figuur 2: toepassingen van ijzer en staal (bron : critical raw materials for the EU)

Er worden verschillende types van staal onderscheiden afhankelijk van de aanwezige hoeveelheid legeringselementen. Deze legeringselementen hebben invloed op de kwaliteit en eigenschappen van het staal. Bovendien heeft de aanwezigheid van deze legeringselementen invloed op de recyclage van het staal. Enkele types staal die worden onderscheiden zijn:

- Ongelegeerd staal : is het meest gebruikte type staal. Het bevat minder dan 1,5% legeringselementen.
- Laaggelegeerd staal : bevat tussen 1,5 en 5% legeringselementen.
- Hooggelegeerd staal: bevat meer dan 5% legeringselementen. Het bekendste type van hooggelegeerd staal is roestvast staal, met een hoog Cr gehalte (15 – 20%)

Binnen deze drie types van staal kunnen nog verschillende groepen onderscheiden worden met specifieke eigenschappen zoals bv. gereedschapstaal (staal dat gehard en getemperd moet kunnen worden, en dat afhankelijk van de gewenste eigenschappen enkele tot 20% legeringselementen bevat).

Een groot deel (>55%) van het staal wordt gebruikt in producten met een middellange levensduur (<15 jaar) zoals engineering, elektrische toestellen en voertuigen. Een kleiner deel (>35%) wordt gebruikt in toepassingen met een lange levensduur (> 35 jaar) zoals constructiewerken, structuurwerken en scheepsbouw. Een minderheid wordt gebruikt in goederen met een korte levensduur zoals verpakkingen. Meer informatie voor het inschatten van de levensduur van de verschillende toepassingen wordt gegeven in onderstaande tabel.

Goods category	Average Lifespan [years]	Min and max Lifespan [years]	Source
Mechanical engineering	15	10-20	Kakudate <i>et al.</i> (2000); Michaelis (2000); Melo (1999); Hayashi (2000)
Electrical engineering	16	10-25	Elshkaki <i>et al.</i> (2002); Michaelis (2000); Simon <i>et al.</i> (2001); Melo (1999); Hayashi (2000)
Shipbuilding	60	-	Melo (1999)
Vehicles	13	1-16	Graedel <i>et al.</i> (2002); Melo (1999); SMMT (2001); Hayashi (2000); Michealis (2000)
Structural steelwork and building and civil engineering	60	20-100	Howard (1999); Graedel <i>et al.</i> (2002); van der Voet (2002); Fletcher (2001); Amato (1996)
Metal goods	13	5-15	Melo (1999); Michaelis (2000)
Cans and metal boxes	1	-	Melo (1999); Hayashi (2000)
Boilers, drums and other vessels	10	-	Michaelis (2000)
Other industries	25	-	Michaelis (2000)

Tabel 1: gemiddelde levensduur van goederen (Surrey, 2004)

De huidige recyclagegraad van ijzer bedraagt gemiddeld 56% in de EU. In een onderzoek dat werd uitgevoerd in de UK worden volgende recyclagegraden naar voor geschoven voor verschillende goederen. Hieruit blijkt dat de goederen met een lange levensduur ook vaak een hogere recyclagegraad hebben.

Goods category	Recycling rate [%]	Source
Mechanical engineering	89	Defra (2000)
Vehicles	87	ACORD (2001)
Structural steelwork and building and civil engineering	85	Ley <i>et al.</i> (2002)
Cans and metal boxes	37	May (2003)
Boilers, drums and other vessels	37	May (2003)
Other industries	89	Defra (2000)
Prompt scrap	100	Hunt (2003)

Tabel 2: recyclagegraad voor verschillende gebruiksgoederen (Surrey, 2004)

De hoeveelheid in-use stock per capita, dit is de hoeveelheid ijzer die in gebruik is, wordt in ontwikkelde landen geschat tussen 7 en 14 ton per persoon (UNEP). Volgens NTNU zou in de US, Frankrijk en UK het plateau voor ijzergebruik bereikt zijn met een gebruik tussen 8 en 12 ton per persoon. We kunnen veronderstellen dat deze hoeveelheid in Vlaanderen op een zelfde niveau ligt.

Toepassingsgebieden ijzer en staal

- lange levensduur: constructiewerken, structuurwerken, scheepsbouw (>35%)

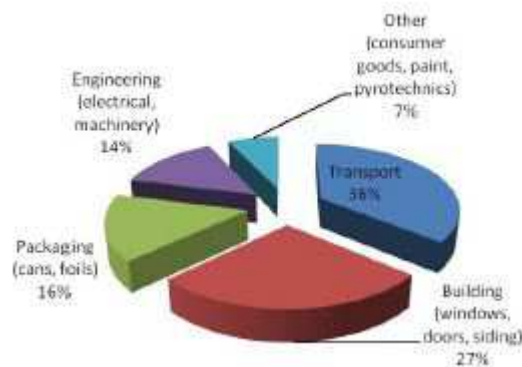
- middellange levensduur: engineering, elektrische toestellen, voertuigen (>55%)
- korte levensduur: verpakkingen

Knel- en aandachtspunten

Ijzer komt voor in verschillende vormen (platen, gegoten, ...), in een aantal legeringen en in toepassingen met een verschillende levensduur. Dit zijn allemaal factoren die een andere invloed hebben op de recyclagegraad van ijzer.

2.1.2 Aluminium (Al)

Aluminium is het belangrijkste non ferro metaal dat wordt gebruikt vandaag de dag. De belangrijkste toepassingen zijn transport, gebouwen, verpakkingen en machines en toestellen. (EU studie kritieke ruwe materialen)



Figuur 3: toepassingen van aluminium (bron : critical raw materials for the EU)

Aluminium wordt vaak in gelegerde vorm gebruikt. Elementen die meestal worden gebruikt in de legeringen zijn koper, ijzer, mangaan en magnesium. In de aluminium recyclage wordt onderscheid gemaakt tussen refiners en hersmelters enerzijds en tussen cast en wrought aluminium anderzijds. Refiners produceren standaard "cast" aluminiumlegeringen op basis van "cast" en "wrought" aluminiumschroot en een beperkte hoeveelheid primair materiaal. Remelters produceren legeringen op basis van "wrought" schroot. Het verschil in samenstelling tussen cast en wrought legeringen is gebaseerd op hun samenstelling. "Cast" aluminiumlegeringen bevatten maximum 20% legeringselementen, "wrought" aluminium legeringen bevatten maximum 10% legeringselementen. Hierdoor is het moeilijker om "wrought" aluminiumlegeringen te maken uit "cast" aluminium legeringen.

Aluminium wordt vaak gebruikt (>75%) in producten en goederen met een middellange tot lange levensduur: van 12 – 15 jaar voor transport, tot 20 jaar en langer voor bouw en engineering toepassingen. Een beperktere hoeveelheid (16%) wordt gebruikt in toepassingen met een korte levensduur (<1 jaar), met name verpakkingen.

Goods category	Average [years]	Lifespan	Min and max Lifespan [years]	Source
Transport	13		12-15	All data are from Askew (2003)
Building/construction	35		10-60	
Engineering	17		15-20	
Packaging	1		-	
Consumer durables	7		5-8	
Other	10		0-10	

Tabel 3: gemiddelde levensduur van aluminium bevattende goederen (Surrey, 2004)

De huidige gemiddelde recyclagegraad voor aluminium varieert afhankelijk van de toepassing. In Europa varieert deze recyclagegraad tussen 34 en 62% voor drankblikjes tot 95% voor bouw en transport toepassingen.

Goods category	Recycling rate [%]	Source
Transport	95	All from Alfed (2003)
Construction	95	
Engineering	75	
Packaging	34	
Consumer durables	50	
Other	50	

De in-use stock voor aluminium in ontwikkelde landen wordt door UNEP geschat tussen 350 en 500 kg per persoon.

Toepassingsgebieden Aluminium

- lange levensduur: bouw, engineering
- middellange levensduur: transport
- korte levensduur: verpakkingen

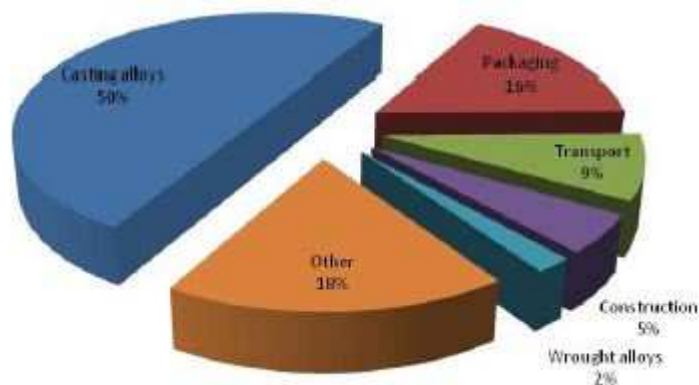
Knel- en aandachtspunten

Aluminium komt vooral voor in legeringen, en in verschillende vormen t.t.z. gegoten dan wel bewerkt aluminium. Afhankelijk van de vorm is een andere legering van toepassing (max. aandeel legeringselementen) en dit heeft ook zijn effect op de recyclage. Daarnaast zijn bij aluminium ook kortcyclische toepassingen relevant (bv. Drankblikjes) wat op zijn beurt een impact heeft op de recyclagepercentages. Aluminium is een waardevol materiaal, waardoor het interessant is om te recycleren.

2.1.3 Magnesium (Mg)

Magnesium is het derde meest gebruikte metaal na ijzer en aluminium. Magnesium komt niet voor als een vrij element in de natuur. Het komt wel voor in meer dan 60 mineralen, maar slechts een handvol hiervan worden commercieel gebruikt voor de winning van magnesium. Daarnaast wordt magnesium ook gewonnen uit zeewater, 'well and lake brines and bitterns'.

Magnesium wordt als metaal gebruikt in metallurgische processen, als ontstekingsmateriaal in pyro- en militaire toepassingen en in elektronische componenten. Magnesiumlegeringen worden gebruikt in aluminium legeringen, in medische toepassingen en in de luchtvaart, automobiel en vrachtwagens (bron : EU studie kritieke ruwe materialen)



Figuur 4: toepassingen van magnesium (bron : critical raw materials for the EU)

Andere bronnen (US geological survey, 2014) gebruiken een andere indeling om het gebruik van magnesium te kwantificeren. Deze verdeling is gebaseerd op het gebruik van magnesium in de Verenigde staten. Magnesium wordt gebruikt voor structurele toepassingen (gegoten of gesmeed). Voorbeelden hiervan zijn gegoten motorblokken, profielen ed. Deze toepassingen vertegenwoordigen 18% van het gebruik. Magnesium wordt ook gebruikt als legeringselement in aluminium voor "plaat"toepassingen (33%) zoals bijvoorbeeld in aluminium drankblikjes, voedselblikken, aluminiumfolie, platen in de automobielandustrie. Een derde belangrijke toepassing van magnesium is om zwavel te verwijderen bij de productie van ijzer en staal (11%) en bij de productie van titanium (verwijdering van Cl, 34%).

Andere toepassingen van magnesium zijn elektronische apparaten (GSM, laptops, tablets, ...) omwille van het lage gewicht en de goede mechanische eigenschappen. Daarnaast zijn er nog verschillende niche toepassingen voor magnesium zoals 'firestarters' en potloodslijpers.

Nog een andere bron vermeldt dat de helft van de toepassing van magnesium bestaat uit het gebruik als legeringselement in aluminium. Deze aluminium-magnesium legeringen worden voornamelijk gebruikt voor drie toepassingen:

- verpakkingen : 50% van het magnesium gebruikt door de aluminiumsector wordt gebruikt voor deze toepassing. Het gaat dan voornamelijk om drankblikjes, maar ook aluminiumfolie, voedselblikken en "aerosol canisters")
- automobiel industrie : 35% van het magnesium gebruikt door de aluminiumsector. Het wordt gebruikt zowel voor automotive platen (wrought toepassing) als voor de productie van cilinderkoppen, zuigers en motorblokken (cast toepassingen).
- Bouw: 15% van het magnesium gebruikt door de aluminiumsector. Aluminium-magnesium legeringen worden hier voornamelijk gebruikt voor de productie van profielen.

Op basis van de verschillende bronnen kunnen we veronderstellen dat 16 tot 25% van het gebruikte magnesium wordt gebruikt in kortcyclische toepassingen (verpakkingen). Nog eens minstens 25% (tot 50%) wordt gebruikt in toepassingen met een middellange (automobiel, luchtvaart) tot lange levensduur (bouwtoepassingen). 11 tot 13% van het magnesium wordt gebruikt voor de ontzwaveling van ijzer en staal, en tot (maximaal) 34% bij de productie van titanium.

De hoeveelheid in stock voor magnesium wordt door de UNEP geschat op 5 kg per persoon in ontwikkelde landen.

Toepassingsgebieden Magnesium

- lange levensduur: bouw (in legering met aluminium in profielen)
- middellange levensduur: auto en luchtvaart (in legering met aluminium zowel in gegoten als gesmeedde vorm, in verschillende componenten)
- korte levensduur: verpakkingen (in legering in plaattoepassing), elektronische apparaten

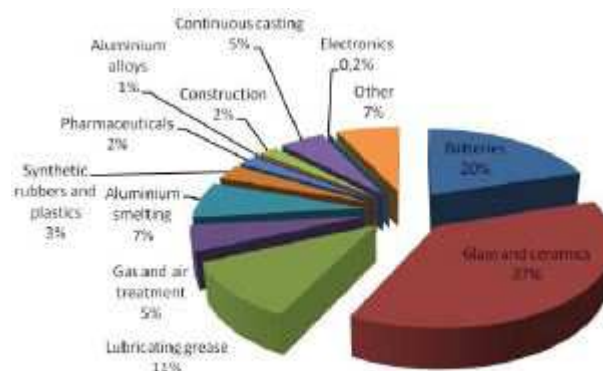
Knel- en aandachtspunten

Magnesium komt vooral voor als legering, meestal met aluminium en wordt op die manier in verschillende toepassingen en componenten, onder verschillende vormen (meestal gegoten) en met een verschillende levensduur toegepast.

2.1.4 Lithium (Li)

Lithium is een zeer reactief alkali metaal met een zeer lage dichtheid bij kamertemperatuur. Het vormt zeer sterke legeringen met andere metalen.

Onderstaande afbeelding geeft de verdeling van het gebruik van lithium weer volgens de EU studie naar kritieke ruwe materialen.



Figuur 5: toepassingen van lithium (bron : critical raw materials for the EU)

Lithium wordt gebruikt in tal van toepassingen. Ongeveer 35 – 37% van het lithium wordt gebruikt in keramische- en glastoepassingen om de temperatuurbestendigheid en sterkte te verhogen. De tweede belangrijkste toepassing van lithium is het gebruik in batterijen (20 – 26%), en dan voornamelijk herlaadbare batterijen hoewel er ook primaire lithium batterijen worden geproduceerd. De metallurgie vertegenwoordigt een aandeel van 11 tot 13%. Lithium wordt gebruikt bij het smelten van aluminium om het energiegebruik te reduceren, de elektrische geleidbaarheid van het bad te verhogen en de emissies van fluorine te reduceren. Daarnaast wordt het ook gebruikt in lithium-aluminium legeringen voor toepassing in de luchtvaart. Tot slot wordt bij gegoten toepassingen van staal en ijzer lithium toegevoegd waarbij het de thermische isolatie verhoogt, de oppervlakte smeert (staal) en de vorming van aders (in bijvoorbeeld motorblokken) reduceert. Ongeveer 11 tot 13% van het lithium wordt gebruikt als additief in smeerolie en vetten om de smeereigenschappen te vrijwaren bij een brede temperatuurrange.

De resterende 15 tot 18% wordt gebruikt in verschillende toepassingen waarvan de belangrijkste luchtbehandeling (4 – 5%), polymeren (3 %) en medische toepassingen (2-3%) zijn.

Het grootste deel van het lithium (60%) wordt gebruikt in gebruiksgoederen (batterijen, glas en keramische toepassingen, polymeren) met een korte tot middellange levensduur (1 tot 10 jaar) waarbij het eventueel mogelijk is om het lithium te recupereren. Voor de metallurgische en engineering (gas en lucht behandeling) toepassingen (15 – 18%) kunnen we veronderstellen dat ze een middellange tot lange levensduur hebben. Een deel van de toepassingen (additief in smeermiddelen, medische toepassingen) (12 – 16%) hebben een korte levensduur, daarvoor is het zeer onwaarschijnlijk dat het lithium na gebruik teruggewonnen kan worden.

Toepassingsgebieden Lithium

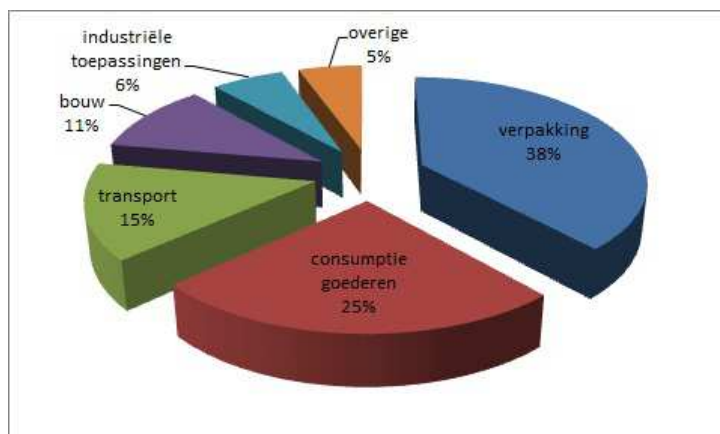
- middellange tot lange levensduur: metallurgische en engineering toepassingen (15-18%)
- korte tot middellange levensduur: gebruiksgoederen zoals batterijen, glas, keramische toepassingen) (60%)
- korte levensduur: additief in smeermiddelen, medische toepassingen

Knel- en aandachtspunten

Lithium komt vooral voor in toepassingen met korte tot middellange levensduur, waarbij de mogelijkheid bestaat om het te recupereren. Lithium gebruikt in toepassingen met korte levensduur is waarschijnlijk onmogelijk terug te winnen. Zowiezo komt Lithium nagenoeg altijd voor als legering.

2.1.5 Tin (Sn)

Tin is niet opgenomen in de analyse die werd uitgevoerd door de EU naar kritieke ruwe materialen voor de EU. Onderstaande figuur is gebaseerd op de verdeling van het tin gebruik over verschillende industriële sectoren volgens ITRI¹.



Figuur 6: toepassingen van tin (bron : ITRI, Tin for tomorrow)

1 ITRI is een non-profit op lidmaatschap gebaseerde organisatie met beperkte aansprakelijkheid. Het vertegenwoordigt de tin-industrie en wordt gesponsord en ondersteund door haar leden, die voornamelijk bestaan uit mijnen en smelters

Volgens de US geological service is het tingebruik in de Verenigde Staten enigszins anders verdeeld: ongeveer 23% van het tin wordt gebruikt in verpakkingen (vaak als beschermende laag op ijzer of staal), in de bouw (18%), transport (17%), elektrische toepassingen (12%) en overige (30%).

De belangrijkste toepassing van tin volgens beide bronnen is als beschermende laag op stalen verpakkingen (voornamelijk voedsel en drank). Een tweede belangrijke toepassing is het gebruik als soldeermiddel in elektrische toepassingen. In de automobiellndustrie wordt tin gebruikt in tal van verschillende toepassingen, vaak in combinatie met andere metalen. In de bouwsector worden organische tin chemicaliën gebruikt in pvc-ramen en deuren om degradatie onder invloed van warmte en licht te voorkomen. Industriële toepassingen van zink zijn het gebruik van anorganische tin chemicaliën als katalysator in een brede range van processen. Bij de overige toepassingen van tin vinden we het gebruik als coating op glas, vlamvertragers, galvaniseerbaden, en in de keramische en cementindustrie. Tot slot is tin ook essentieel voor de productie van vlakglas (float glass).

Een groot deel van het tin wordt gebruikt in kortcyclische toepassingen (verpakkingen, tot 38%). Een ander groot deel (40%) wordt gebruikt in toepassingen zoals consumptiegoederen en transport met een middellange levensduur (5 tot 15 jaar). Een beperktere fractie wordt gebruikt in toepassingen met een lange levensduur (> 35 jaar) zoals de bouw. Voor de fractie die wordt gebruikt in industriële toepassingen en overige is het zeer moeilijk om de omlooptijd in te schatten.

Volgens de UNEP bedraagt de in-stock use van tin 3 kg per persoon.

Toepassingsgebieden Tin

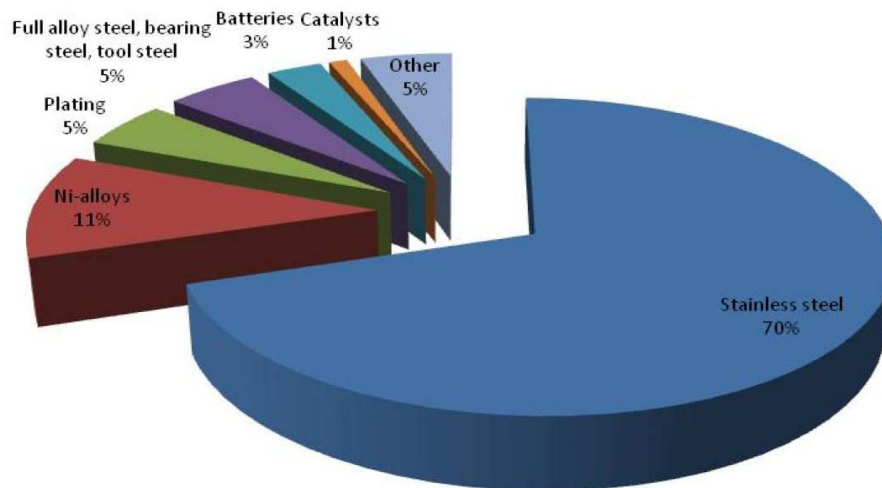
- lange levensduur: bouw (in organische tin chemicaliën (beperkte fractie)
- middellange levensduur: gebruiksgoederen (soldeermiddel in elektrische toepassingen) en transport (als coating op andere metalen) (40%)
- korte levensduur: verpakkingen (als beschermende laag) (tot 38%)

Knel- en aandachtspunten

Tin komt in verschillende toepassingen voor met vooral korte tot middellange levensduur, dikwijls als coating op een ander materiaal.

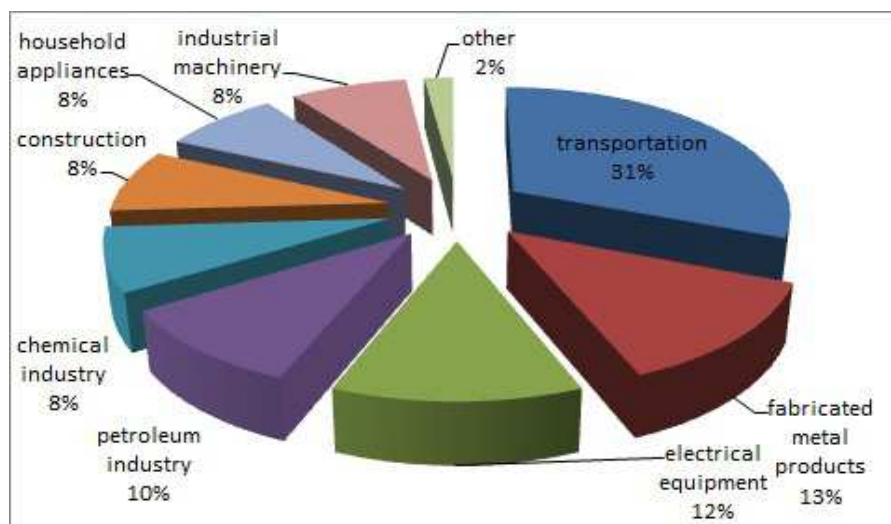
2.1.6 Nikkel (Ni)

Nikkel is een hard, taai en smeedbaar ferrometaal. Nikkel bevattende legeringen zijn bestand tegen corrosie, hebben een hoog smeltpunt, zijn taai en smeedbaar en hebben magnetische eigenschappen.



Nikkel wordt voornamelijk gebruikt in roestvast staal om de sterkte ervan te verhogen en de gevoeligheid voor corrosie te verlagen. Daarnaast wordt het gebruikt als legeringselement in non-ferro metalen die worden gebruikt in verschillende toepassingen. In “plating” toepassingen wordt nikkel gebruikt voor gebruik in medische toestellen, bouwmaterialen en huishoudelijke toepassingen (zoals bestek maar ook CD's en DVD's). Nikkel wordt gebruikt in primaire batterijen in combinatie met bijvoorbeeld cadmium (nikkel-cadmium batterijen) en herlaadbare batterijen (NiMH).

De USGS geeft een overzicht van eindgebruikstoepassingen van zink. Deze worden weergegeven in volgend overzicht:



Figuur 7: toepassingen van nikkel (bron: USGS)

Uit dit overzicht blijkt dat een groot deel van het nikkel (>60%) wordt gebruikt in toepassingen zoals elektronische apparaten, metalen producten, huishoudelijke apparaten en transporttoepassingen met een middellange levensduur (< 15 jaar). Een andere fractie (>30%) wordt gebruikt in toepassingen met een lange levensduur (> 30 jaar) zoals in de bouw en in de chemische en petrochemische industrie. Slechts een beperkte fractie van het nikkel wordt gebruikt in toepassingen met een korte levensduur (< 10 jaar) zoals batterijen.

Volgens de UNEP bedraagt de hoeveelheid nikkel die in gebruik is per persoon in ontwikkelde landen tussen 2 en 4 kg.

Toepassingsgebieden Nikkel

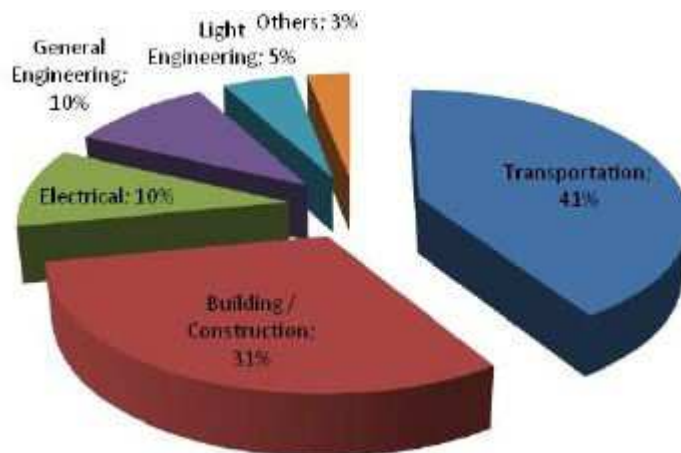
- lange levensduur: bouw, chemische en petrochemische industrie (>30%)
- middellange levensduur: elektronische apparaten, metalen producten, huishoudtoestellen, transport (>60%)
- korte levensduur: batterijen (beperkte fractie)

Knel- en aandachtspunten

Nikkel komt steeds in combinatie met een ander materiaal voor. Dikwijls komt het materiaal voor als plaattoepassing, daarnaast zijn er ook voorbeelden waarin Nikkel onder een andere vorm voorkomt bv. in batterijen.

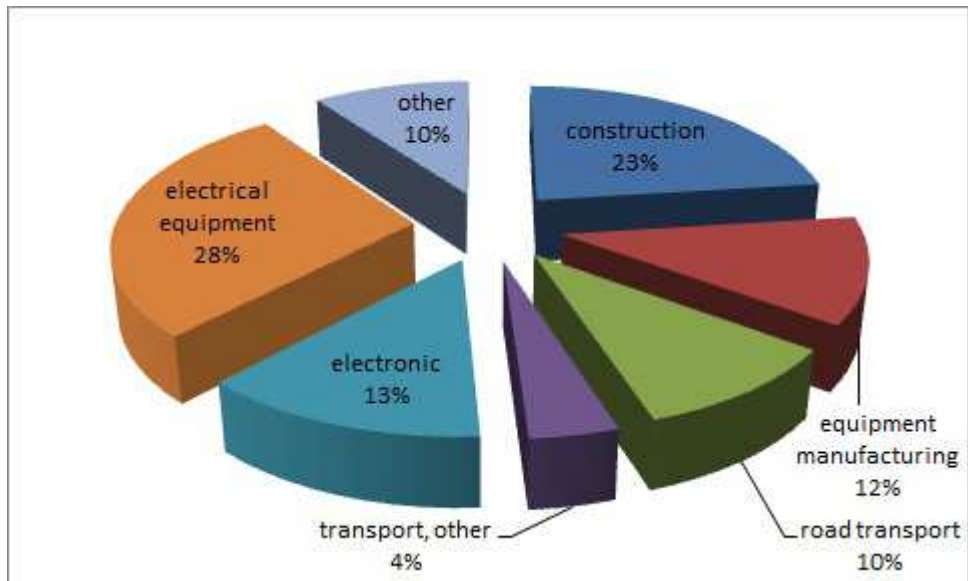
2.1.7 Koper (Cu)

Omwille van zijn eigenschappen, zowel van het koper zelf als in combinatie met andere materialen, zoals de taaiheid, buigbaarheid, geleidbaarheid (zowel thermisch als elektrisch) en weerstand tegen corrosie is koper het derde meest gebruikte materiaal. Het is een materiaal dat belangrijk is voor de economie en dat eveneens sterk bijdraagt aan de economisch groei van Europa. Onderstaande figuur geeft een overzicht van het economische belang van koper in de verschillende toepassingen in de EU.



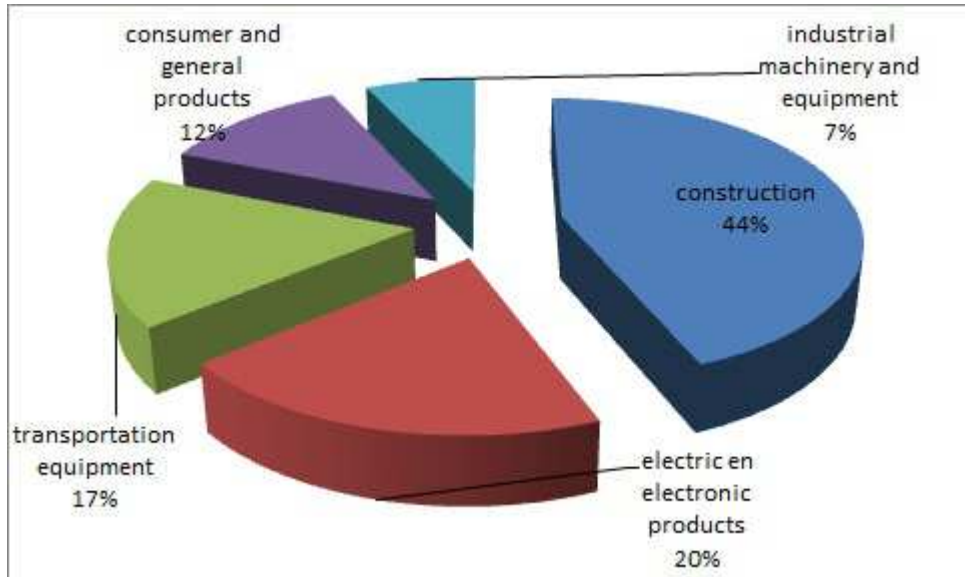
Figuur 8: toepassingen van koper (bron : critical raw materials for the EU)

Naar gebruik toe geeft het rapport over kritieke ruwe materialen voor de EU een overzicht van het gebruik van koper in verschillende toepassingsgebieden. Onderstaande figuur geeft hiervan een overzicht.



Figuur 9: gebruik van koper voor verschillende toepassingsgebieden (bron : critical raw materials for the EU)

Tot slot geeft ook de USGS een overzicht van het kopergebruik voor verschillende toepassingsgebieden in de US, zoals weergegeven in onderstaande figuur .



Figuur 10: toepassingen van koper in de US (bron: USGS)

Een belangrijk aandeel van het koper vindt zijn toepassing in de transport-sector. Het wordt hier voor verschillende doeleinden gebruikt zoals radiatoren, remmen en bedrading in de motor. Een wagen bevat gemiddeld 28 kg koper. Door de toename van elektronische componenten in wagens is ook het gebruik van koper in wagens toegenomen. Het tweede belangrijkste deel van het gebruik van koper vinden we in de bouwsector. Ook hier wordt koper voor verschillende toepassingen gebruikt zoals bedrading, buizen, stopcontacten, schakelaars en sloten. Een gemiddeld (nieuw) huis bevat minstens 200 kg koper. Omwille van zijn geleidende

eigenschappen (koper is het best geleidende metaal na zilver) wordt het gebruikt in tal van elektrische toepassingen zoals stroomcircuits, maar ook elektrische apparaten zoals televisies, computers ed. Koper wordt ook steeds vaker gebruikt in computer chips ter vervanging van aluminium, wat resulteert in een hogere werkingsnelheid. En ook in de telecommunicatie wordt gebruik gemaakt van koperen bedrading.

Op basis van bovenstaande informatie kunnen we afleiden dat een belangrijk aandeel (> 40%) van het koper gebruikt wordt in toepassingen met een lange levensduur (>30 jaar) zoals de bouw en industriële machines. Andere belangrijke toepassingen (tot 50%) (zoals transport en elektrische toepassingen) hebben een middellange levensduur (< 15 jaar). Koper wordt niet gebruikt in toepassingen met een korte levensduur.

Toepassingsgebieden Koper

- lange levensduur: bouw (bedrading, buizen, elektrische onderdelen), machines (>40%)
- middellange levensduur: transport (bedrading, radiatoren, remmen), elektrische toepassingen
- korte levensduur: niet relevant

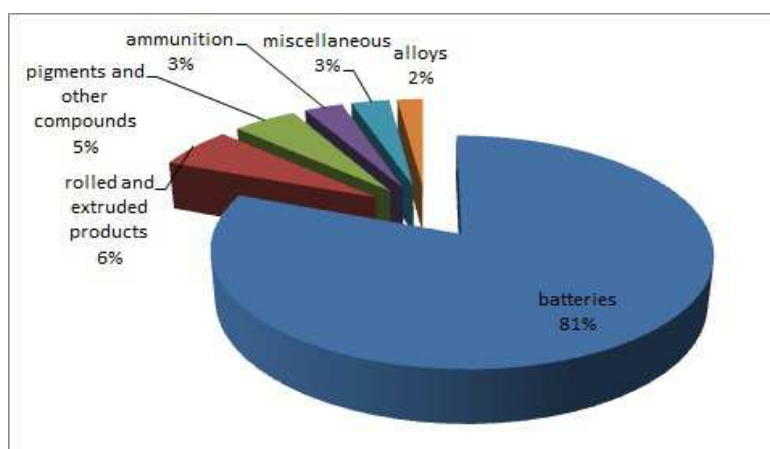
Knel- en aandachtspunten

Koper wordt zowel als koper zelf als in combinatie met andere metalen gebruikt. Het materiaal wordt gebruikt in verschillende componenten en onder verschillende vormen. Kortcyclische toepassingen zijn voor koper niet direct relevant. Koper is een waardevol materiaal, waardoor het interessant is om te recyclen. Daarnaast kan het nuttig zijn om mee te nemen dat koperrecyclage in Vlaanderen gebeurt.

2.1.8 Lood (Pb)

Lood is een zacht, buigzaam metaal dat bij kamertemperatuur een slechte geleider van elektriciteit is. Het is zeer corrosie bestendig. Dit metaal is niet opgenomen in de analyse die werd uitgevoerd door de EU naar kritieke ruwe materialen voor de EU.

In onderstaande figuur wordt een overzicht gegeven van loodgebruik volgens ILZSG.



Figuur 11: toepassing van lood (bron : ILZSG)

Uit de figuur blijkt dat de belangrijkste toepassing van lood het gebruik ervan in lood-zuur batterijen is. Deze worden gebruikt in voertuigen (auto's) maar ook in industriële toepassingen zoals vorkliften en in back-up systemen in ziekenhuizen. Andere toepassingen van lood zijn onder de vorm van 'bladlood', als pigment, in munitie en legeringen.

In de toepassing als bladlood wordt lood gebruikt in de bouw om vocht te weren. Het lood wordt bijvoorbeeld aangebracht tussen schoorsteen en dak, dak en muur (lodenslabben) en in de spouwmuur (spouwlood) van een gebouw. In het verleden werd lood toegepast in verf om deze beter bestendig te maken tegen weersinvloeden, wat sinds 1990 in de EU niet meer toegestaan is (toepassingsgegevens hebben niet enkel betrekking op de EU). Lood wordt in combinatie met tin gebruikt als soldeermiddel in elektronica.

Op basis van deze toepassingsgebieden kunnen we besluiten dat een groot deel van het lood wordt gebruikt in toepassingen met een middellange levensduur (< 10 jaar). Het gaat hier dan met name over het gebruik in lood-zuur batterijen en (beperkt) het gebruik als soldeermiddel in elektronica (>80%). Het gebruik van lood in toepassingen met een lange levensduur is eerder beperkt (11%). Het gaat hier dan over het gebruik van bladlood en als pigment.

Door de UNEP wordt de hoeveelheid lood die in gebruik is geschat tussen 20 en 150 kg per persoon in ontwikkelde landen.

Toepassingsgebieden Lood

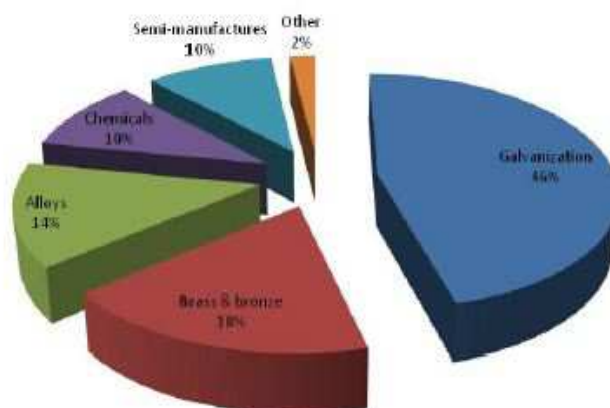
- lange levensduur: bouw (als bladlood), pigmentindustrie (11%)
- middellange levensduur: batterijen (voertuigen en industriële toepassingen), soldeermiddel (>80%)
- korte levensduur: niet relevant

Knel- en aandachtspunten

Lood komt in een beperkt aantal toepassingen voor, en het gebruik van lood is de laatste jaren voor bepaalde toepassingen aan banden gelegd (soldeer, verf). Lood komt voor in verschillende vormen (bv. bladlood).

2.1.9 Zink (Zn)

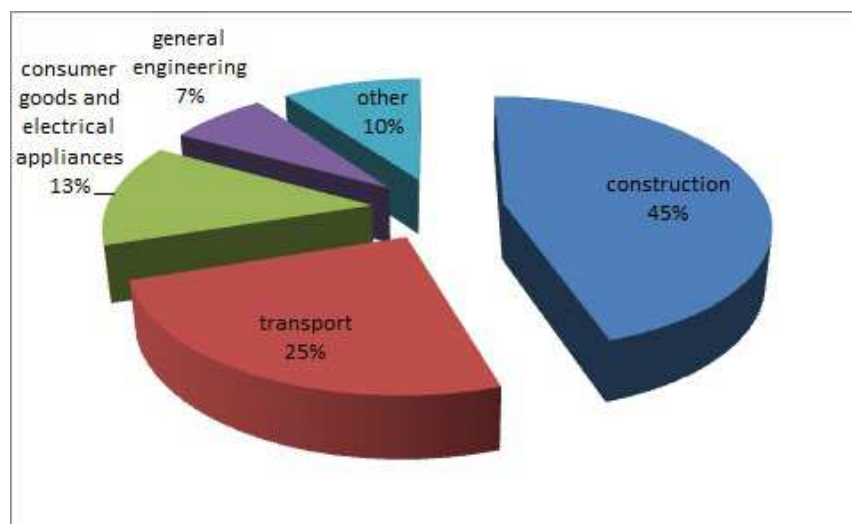
Zink is een bros metaal op kamertemperatuur dat taai en smeedbaar wordt bij temperaturen tussen 110 en 150 °C.



Figuur 12: toepassingen van zink (bron : critical raw materials for the EU)

De belangrijkste toepassing van zink is het gebruik voor het galvaniseren van staal om het beter bestand te maken tegen corrosie. Bijna de helft van het zink wordt voor deze toepassing gebruikt. Volgens gegevens van de USGS loopt in de VS het aandeel van het zink dat wordt gebruikt voor deze toepassing op tot 80%. Een andere belangrijke toepassing is het gebruik in messing (als legering met koper). Messing wordt met name gebruikt voor verschillende decoratieve doeleinden en in muziekinstrumenten. Zink wordt ook gebruikt als legeringselement voor gebruik in gegoten toepassingen.

Wanneer we kijken naar de producten waarin het zink voornamelijk terecht komt zien we volgende verdeling :



Figuur 13: gebruik van zink in diverse producten (bron : critical raw materials for the EU)

Op basis hiervan kunnen we besluiten dat een groot deel van het zink gebruikt wordt in toepassingen (bouw) met een lange levensduur (>30 jaar). Een gelijkaardige hoeveelheid wordt gebruikt voor overige toepassingen met een middellange levensduur (< 20 jaar) zoals transporttoepassingen, consumentenproducten en engineering toepassingen.

De UNEP schat de in gebruik zijnde hoeveelheid zink op 80 tot 200 kg per capita.

Toepassingsgebieden Zink

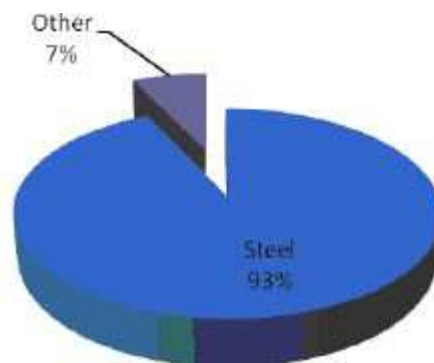
- lange levensduur: bouw
- middellange levensduur: transport, consumentenproducten, engineering
- korte levensduur: niet relevant

Knel- en aandachtspunten

Zink komt in een beperkt aantal verschillende vormen en componenten voor: het merendeel in plaattoepassingen (galvaniseren van staal), daarnaast ook als legering met koper (in messing) en als legeringselement in andere gegoten toepassingen.

2.1.10 Chroom (Cr)

Chroom is een hard metaal dat een essentieel onderdeel vormt van roestvast staal, maar ook in andere staal-legeringen wordt gebruikt. Het wordt in deze legeringen vaak gebruikt als een ijzer-chroom legering. Het wordt ook gebruikt in "superlegeringen" en in metalen platen. Andere toepassingen zijn het gebruik als pigment, maar dit neemt af omwille van de schadelijke effecten ervan op het milieu.



De overgrote meerderheid van het chroom wordt gebruikt voor de productie van roestvast staal. Een andere toepassing waar chroom wordt gebruikt is de pigmentindustrie.

Aangezien het merendeel van het chroom wordt gebruikt in roestvast staal volgt de levensduur van chroom die van producten uit roestvast staal. We verwijzen dan ook naar § 2.1.1 .

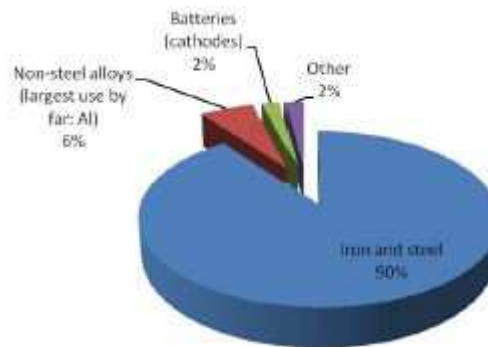
Wat de in gebruik zijnde hoeveelheden chroom betreft schat de UNEP deze tussen 7 en 50 kg per persoon.

Toepassingsgebieden Chroom: zie ijzer/staal

Knel- en aandachtspunten

2.1.11 Mangaan (Mn)

Mangaan is een hard maar breekbaar metaal en is onontbeerlijk bij de productie van staal.



De belangrijkste toepassing (90%) van mangaan is in de ijzer en staal industrie waar het gebruikt wordt als deoxidatie- en ontzwavelingsreagens. Het mangaan wordt toegevoegd tijdens de staalproductie aan het gesmolten staal om zuurstof en zwavel te verwijderen en vormt hierbij een legering met staal. Dit verhoogt de buigzaamheid van het staal en maakt het beter bestand tegen vertering. Staal met gehalten aan mangaan tussen 11 en 14% heeft bij kamertemperatuur een austenitische structuur en is hierdoor niet-magnetisch. Een andere toepassing (6%) van mangaan is het gebruik in non-ferro-legeringen, en dan met name in combinatie met aluminium. Deze legeringen worden voornamelijk gebruikt voor de productie van drankblikjes. Tot slot wordt mangaan dioxide gebruikt als kathode in zinkkool en alkaline batterijen.

Omdat de belangrijkste toepassing van mangaan het gebruik in ijzer en staal is, volgt de levensduur van mangaan deze van toepassingen in ijzer en staal. We verwijzen hiervoor dan ook naar § 2.1.1 . De overige toepassingen van mangaan zijn kortcyclische toepassingen (< 1 jaar), zowel voor het gebruik in drankblikjes als in batterijen.

De UNEP schat de hoeveelheid mangaan die in gebruik is op 100 kg per capita.

Toepassingsgebieden Mangaan

- lange levensduur: zie ijzer en staal
- middellange levensduur: zie ijzer en staal
- korte levensduur: drankblikjes, batterijen

Knel- en aandachtspunten

Mangaan wordt vooral gebruikt als legeringselement bij ijzer en staal en bij aluminium. Het komt dan ook in verschillende vormen voor in verschillende toepassingen.

Bijlage 1: Lijst van tabellen

Tabel 1: gemiddelde levensduur van goederen (Surrey, 2004)	11
Tabel 2: recyclagegraad voor verschillende gebruiksgoederen (Surrey, 2004)	11
Tabel 3: gemiddelde levensduur van aluminium bevattende goederen (Surrey, 2004)	12

Bijlage 2: Lijst van figuren

Figuur 1: metaalwiel met 'carrier metals' en hun bijproducten (Reuter et al., 2005 - UNEP, april 2013)	9
Figuur 2: toepassingen van ijzer en staal (bron : critical raw materials for the EU)	10
Figuur 3: toepassingen van aluminium (bron : critical raw materials for the EU)	12
Figuur 4: toepassingen van magnesium (bron : critical raw materials for the EU)	14
Figuur 5: toepassingen van lithium (bron : critical raw materials for the EU)	15
Figuur 6: toepassingen van tin (bron : ITRI, Tin for tomorrow)	16
Figuur 7: toepassingen van nikkel (bron: USGS)	18
Figuur 8: toepassingen van koper (bron : critical raw materials for the EU)	19
Figuur 9: gebruik van koper voor verschillende toepassingsgebieden (bron : critical raw materials for the EU)	20
Figuur 10: toepassingen van koper in de US (bron: USGS)	20
Figuur 11: toepassing van lood (bron : ILZSG)	21
Figuur 12: toepassingen van zink (bron : critical raw materials for the EU)	23
Figuur 13: gebruik van zink in diverse producten (bron : critical raw materials for the EU)	23

Bijlage 3: Bibliografie