

Executive Summary

Kwantificering kritische (grond-)stoffen in E-waste producten



Verkenning kritische grondstoffen in
Groot Witgoed, Verlichting,
Printplaten, CRT TV's, Mobiele telefoons
en Batterijen

12 augustus 2011

| | |
|-----------------|--|
| In opdracht van | Vereniging NVMP |
| Auteur | Dr.ir. Antoinette van Schaik MARAS – Material Recycling and Sustainability - Den Haag, Nederland |
| Report no. | MARAS_NVMP_12082011(ES) |
| Datum | 12 augustus 2011 |

Executive summary/Samenvatting

De recycling van E-waste/WEEE speelt een rol in de terugwinning van grondstoffen en 'kritische materialen' zoals onder andere wordt beoogd met het concept van de Grondstoffenrotonde. E-waste is rijk aan een veelheid van grondstoffen, waaronder verscheidene 'kritische stoffen', aangemerkt door de EU¹.

Om een beeld te krijgen van de aanwezigheid van de verschillende kritische stoffen, de hoeveelheden hiervan in verschillende typen E-waste stromen/producten en de hoeveelheden van deze stoffen zoals ingezameld en verwerkt in Nederland door Wecycle/NVMP, zijn in dit onderzoek deze kritische stoffen gekwantificeerd voor een geselecteerd aantal E-waste producten. Dit rapport beschrijft de resultaten van dit onderzoek. Tevens is een overzicht gegeven van beschikbare productiegegevens en toepassing van deze stoffen in elektronische producten.

De kwantificering is uitgevoerd op basis van beschikbare analyses en literatuurgegevens voor de samenstelling van E-waste producten. Waar deze gegevens deels ontbreken of slechts in beperkte mate beschikbaar zijn, beoogt dit onderzoek niet uitputtend te zijn voor alle aanwezige kritische stoffen. Dit onderzoek is uitgevoerd door MARAS (Material Recycling and Sustainability, Nederland) in opdracht van de Vereniging NVMP.

Kritische stoffen in E-waste

Tabel I - 1 toont de als kritisch aangemerkte grondstoffen door de EU. Dit rapport geeft een korte achtergrond over het vaststellen en identificeren van 'kritische' grondstoffen.

Tabel I - 1: Kritische grondstoffen binnen de EU¹

List of critical raw materials at EU level (in alphabetical order):

| | |
|-----------|---|
| Antimony | Indium |
| Beryllium | Magnesium |
| Cobalt | Niobium |
| Fluorspar | PGMs (Platinum Group Metals) ¹ |
| Gallium | Rare earths ² |
| Germanium | Tantalum |
| Graphite | Tungsten |

¹ The Platinum Group Metals (PGMs) regroup platinum, palladium, iridium, rhodium, ruthenium and osmium.

² Rare earths include yttrium, scandium, and the so-called lanthanides (lanthanum, cerium, praseodymium, neodymium, promethium, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium and lutetium)

De voornaamste toepassingen van de kritische materialen in E-waste zijn (overzicht is niet uitputtend, maar geeft de belangrijkste toepassingen en/of toepassingen op basis van databeschikbaarheid uit literatuur en/of analyses):

- PGMs (Platinum Group Metals) (en PMs – Precious Metals) en RareEarths/Rare Earth Oxides (Res/REOs) (Zeldzame Aarden) in (hoogwaardige) printplaten;
- Indium (In) in LCD schermen;

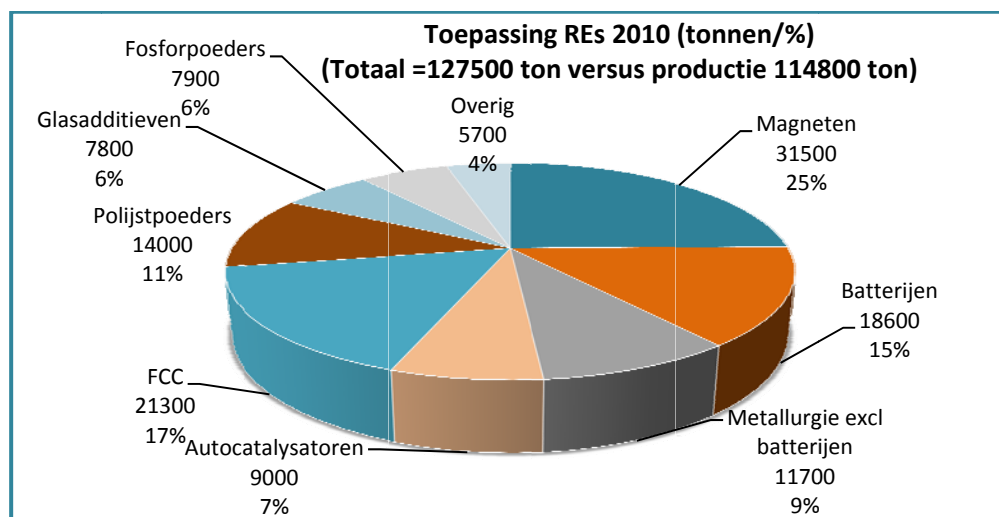
¹ Critical raw materials for the EU (2010): Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials, Enterprise and Industry Directorate General, 85p. (http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/documents/index_en.htm)

- Gallium (Ga), Indium (In) en REs in LED verlichting;
- Wolfram (W) in getters in CRT TV's en verlichting;
- REs in fluorescerende poeders in verlichting en CRT TV's en batterijen;
- PGMs in hard-disks;
- Antimoon als vlamvertrager en in CRT glas;
- Kobalt in batterijen.

Productie/aanbod, vraag en toepassing kritische stoffen

Om een kader te scheppen voor de kwantitatieve bijdrage van E-waste in de markt/recycling van kritische grondstoffen zijn de productiegetallen voor een aantal materialen meegenomen. Voor Verlichting is tevens de bijdrage van Nederland in de hoeveelheid poeders/REs aanwezig in de ingezamelde lampen in 2010 vergeleken met vrijkomende hoeveelheden in Europa.

De wereldproductie, vraag en toepassing van REs/REOs is weergegeven in Figuur I - 1. Tabel I - 2 geeft voor het merendeel van de overige kritische grondstoffen de wereldproductie, vraag voor toepassing in EEE (Electric and Electronic Equipment) en geschatte reserves weer.



Figuur I - 1: Vraag en toepassing REs in 2010

Tabel I - 2: Wereldproductie, toepassing in EEE (Electronic and Electronic Equipment) en wereldreserves voor een aantal (kritische) materialen

| Metaal | Primaire wereldproductie | Bijproduct van | Vraag voor EEE | Vraag/productie | Wereldreserve |
|--------|--------------------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|
| | t/y | | t/y | % | (*1000t) |
| Ag | 20000 | Pb, Zn | 6000 | 30 | 400 |
| Au | 25000 | Cu | 300 | 12 | 47 |
| Pd | 230 | PGM | 33 | 14 | - |
| Pt | 210 | PGM | 13 | 6 | |
| Ru | 32 | PGM | 27 | 84 | |
| Cu | 15000000 | | 4500000 | 30 | 540000 |
| Sn | 275000 | | 90000 | 33 | 5600 |
| Sb | 130000 | | 65000 | 50 | 2100 |
| Co | 58000 | Ni, Cu | 11000 | 19 | 6600 |
| Bi | 56000 | Pb, W, Zn | 900 | 16 | 320 |
| Se | 1400 | Cu | 240 | 17 | |
| In | 480 | Zn, Pb | 380 | 79 | |

Kwantificering kritische stoffen in E-waste (voor een geselecteerd aantal producten/componenten)

Op basis van gegevens afkomstig uit diverse literatuurbronnen voor:

- gewicht van de producten;
- materiaalsamenstelling van de producten;
- aanwezigheid (%) van kritische stoffen in product;
- en aanwezigheid (%) van componenten/materialen waarin deze zich bevinden (printplaten, fosforpoeders, etc.);

is een berekening gemaakt van de gemiddelde (bandbreedte) van de gewichten en aanwezigheid van de kritische stoffen. Vanwege de variatie in bovenstaande gegevens, is de hoeveelheid kritische stoffen binnen de bandbreedte van deze variatie weergegeven. De inventarisatie en berekeningen zijn uitgevoerd voor de volgende producten: Wasmachines en Groot Witgoed; Verlichting; Printplaten (Printed Wire Boards:PWBs) voor Videorecorders, DVD spelers, Hifi units en Radiosets; CRT TV's; mobiele telefoons en batterijen. Tabel I - 3 geeft een overzicht van de gemiddelde hoeveelheden per apparaat, Tabel I - 4 toont de totaalhoeveelheden ingezameld door NVMP/Wecycle in 2010 (Au en Ag zijn formeel niet aangemerkt als kritische stof, maar zijn wel in deze studie meegenomen).

Tabel I - 3: Gemiddelde hoeveelheden kritische grondstoffen in diverse E-waste producten (op basis van diverse literatuurbronnen) (gram/ton apparaat) ¹

| Hoeveelheden [gram/ton apparaat] | PMs | | PGMs | | Rare Earths (Oxides) | | | Overig | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------------------|------------------------|---------|------------------|-----------------|----|----|---|----|
| | Ag | Au | Pd | Pt | Y | Eu | Overige | Sb | Co | In | Ga | W | Ta |
| Wasmachine | 0.59 - 0.64 | 0.14 - 0.15 | 0.07 - 0.08 | | | | | | | | | | |
| GWG | 0.00 - 0.54 | 0.00 - 0.13 | 0.00 - 0.07 | | | | | | | | | | |
| Videorecorder | 67 - 94 | 3.1 - 4.3 | 1.0 - 1.4 | | | | * | * | | | | | * |
| DVD speler | 70 - 113 | 10 - 16 | 2.1 - 3.4 | | | | * | * | | | | | * |
| Hi-fi unit | 54 - 71 | 2.5 - 3.3 | 0.8 - 1.1 | | | | * | * | | | | | * |
| Radioset | 104 - 107 | 13.6 - 13.9 | 1.6 - 1.7 | | | | * | * | | | | | * |
| CRT TV | 8.4 - 155 | 0.51 - 11 | 0.3 - 4.0 | | 16 - 19 ^a | 1.3 - 2.0 ^a | * | 216 ^b | 8 ^b | | | * | * |
| Mobiele telefoon | 786 - 2440 | 81 - 800 | 63 - 610 | 1.5 - 36 | | * | | | 19,289 - 45,509 | * | | | * |
| Fluorescerende lampen | | | | | | 1,514 - 16,245 | | | | | | * | * |
| LED | | | | | | * | | | | * | * | * | * |
| LCD schermen | * | * | * | | | * | | | | * | | | |
| Batterijen (NiMH) | | | | | | ~80,000 | | | ~30,000 | | | | |

^a mogelijk aanwezig, geen/niet voldoende (openbare) kwantitatieve data beschikbaar.
^b zeer beperkte data voor % fluorescerende poeders in CRT TVs beschikbaar
^c op basis van slechts 1 literatuurbron
^d 0.06-5.6 gram In/m²

¹Inventarisatie beoogt niet uitputtend te zijn voor alle aanwezige kritische stoffen vanwege deels ontbreken of slechts in beperkte mate beschikbaar zijn van gegevens.

Tabel I - 4: Apparaten inzameling en gemiddelde ingezamelde hoeveelheden kritische grondstoffen in diverse E-waste producten in 2010 (op basis van diverse literatuurbronnen) (kg/jaar)

| Hoeveelheden [kg] ingezameld | PMs | | PGMs | | Rare Earths (Oxides) | | | Overig | | | | | |
|---|--------|--------------|------------|------------|----------------------|--------------|-------------|--------|------|-------------------|----|---|----|
| | Ag | Au | Pd | Pt | Y | Eu | Overige REs | Sb | Co | In | Ga | W | Ta |
| Apparaten inzameling in tonnage in 2010 | | | | | | | | | | | | | |
| Wasmachine | 19,089 | 11 - 12 | 2.7 - 2.9 | 1.3 - 1.5 | | | | | | | | | |
| GWG | 31,339 | 0.0 - 17 | 0.0 - 4.1 | 0.0 - 2.2 | | | | | | | | | |
| Videorecorder | 945 | 64 - 89 | 2.9 - 4.1 | 0.9 - 1.3 | | | * | * | | | | | * |
| DVD-speler | 636 | 45 - 72 | 6.4 - 10 | 1.3 - 2.2 | | | * | * | | | | | * |
| Hi-fi unit | 1,467 | 79 - 104 | 3.7 - 4.8 | 1.2 - 1.6 | | | * | * | | | | | * |
| Radioset | 1,192 | 124 - 128 | 16 - 17 | 1.9 - 2.0 | | | * | * | | | | | * |
| CRT TV | 20,349 | 171 - 3154 | 10 - 224 | 6.1 - 81 | | 326 - 387 | 26 - 41 | * | 4395 | 163 | | * | * |
| Mobiele telefoon | 10,000 | 7860 - 24400 | 810 - 8100 | 630 - 6100 | 15 - 360 | | * | | | 192,890 - 455,090 | * | | * |
| Fluorescerende lampen | 1663 | | | | | 2518 - 27015 | | | | | | * | * |
| LED | 0 | | | | | * | | | | * | * | * | * |
| LCD-schermen | 232 | * | * | * | | | | | | * | | | |
| Batterijen (NiMH) | 3 | | | | | 250 | | | 94 | | | | |

^a mogelijk aanwezig, geen/niet voldoende (openbare) kwantitatieve data beschikbaar.
^b 0.06-5.6 gram In/m²

(GWG is inclusief wasmachines)

Terugwinning en/of verliezen van kritische stoffen en voorspelling vrijkomende hoeveelheden kritische stoffen in E-waste en recyclingpercentages over tijd

Voor elk van de producten is de mogelijkheid tot terugwinning en/of verliezen van de kritische stoffen in fysische en metallurgische recycling getoond (zie Tabel I - 5). De terugwinbaarheid van de materialen is afhankelijk van de gevolgde verwerkingsroute (demontage, shredderen en sortering en de gekozen eindverwerkingstechnologie) en kan verschillen als gevolg hiervan. In producten zijn materialen bij elkaar gebracht die van nature (technisch gezien) niet of niet in bepaalde combinaties geheel zijn terug te winnen in de (metallurgische) eindverwerkingsprocessen. Dit wordt gedictieerd door de chemie (en thermodynamica). De terugwinbaarheid van materialen kan verschillen per product ten gevolge van de gecombineerde materialen, wijze van toepassing (op welk component, met welke andere materialen gecombineerd, etc), verwerkingsroute en eindverwerking. De legenda in Tabel I – 5 geeft hier een toelichting op. Het rapport bespreekt dit in meer detail.

Tabel I - 6 geeft de relatieve noodzaak tot terugwinning weer op basis van de door de EU aangemerkte lijst van kritische grondstoffen.

Tabel I - 5 : Terugwinbaarheid kritische materialen voor diverse E-waste producten inclusief toelichting

| Terugwinbaarheid * (per apparaat/toepassing) | PMs | | PGMs | | Rare Earths (Oxides) | | | Overig | | | | | ©MARAS |
|---|--------|--------|--------|-------|----------------------|--------|-------------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| | Ag | Au | Pd | Pt | Y | Eu | Overige REs | Sb | Co | In | Ga | W | Ta |
| Wasmachine | Yellow | Yellow | Yellow | | | | | | | | | | |
| GWG | Yellow | Yellow | Yellow | | | | | | | | | | |
| Videorecorder | Yellow | Yellow | Yellow | | | | Yellow | Red | | | | | Yellow |
| DVD speler | Yellow | Yellow | Yellow | | | | Yellow | Red | | | | | Yellow |
| Hifi unit | Yellow | Yellow | Yellow | | | | Yellow | Red | | | | | Yellow |
| Radioset | Yellow | Yellow | Yellow | | | | Yellow | Red | | | | | Yellow |
| CRT TV | Yellow | Yellow | Yellow | | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Green | | | Yellow | Yellow |
| Mobiele telefoon | Green | Green | Green | Green | Yellow | Yellow | Yellow | Red | Green | Yellow | | | Yellow |
| Fluorescerende lampen | | | | | Yellow | Yellow | Yellow | | | Yellow | | Red | Yellow |
| LED | | | | | Yellow | Yellow | Yellow | | | Yellow | Green | Red | |
| LCD schermen | Yellow | Yellow | Yellow | | Yellow | Yellow | Yellow | | | Yellow | Green | Red | |
| Batterijen (NiMH) | | | | | Green | Green | Green | | Green | | | | |

*De terugwinbaarheid is afhankelijk van de gevolgde verwerkingsroute. De tabel toont de terugwinbaarheid voor de huidige meest waarschijnlijke en/of gebruikte verwerkingsroutes.

| | |
|--|---|
| Terugwinning mogelijk | Indien separaat afgescheiden en/of indien direct verwerkt in juiste eindverwerkingstechnologie. |
| Bepaalde terugwinning/terugwinning onder voorwaarden | Indien separaat afgescheiden. Gedeeltelijke verliezen tijdens scheiding en/of eindverwerking. Terugwinning mits verwerkt in passende eindverwerkingstechnologie (infrastructuur ontbreekt grotendeels in EU voor REs). |
| Geen separate terugwinning | Zuivere scheiding niet mogelijk. Gaat verloren naar recyclaten bulkmaterialen tijdens scheiding en/of tijdens hoogtemperatuur eindverwerking (verontreiniging in metaal of naar slak/vliegafval). |
| Bij een combinatie van kleuren geldt: | De daadwerkelijke terugwinbaarheid/recyclebaarheid van de materialen is afhankelijk van de gevolgde verwerkingsroute en kan verschillen als gevolg hiervan. Terugwinning is alleen (gedeeltelijk) mogelijk als de W/Ta/REs (sterk oxidisch, eindigen in slak) houdende componenten worden gedemonteerd en separaat verwerkt in passende eindverwerking. |

Tabel I - 6 : Relatieve noodzaak terugwinning van kritische grondstoffen

| Relatieve noodzaak terugwinning | PMs | | PGMs | | Rare Earths (Oxides) | | | Overig | | | | | ©MARAS |
|---|--------|--------|------|-----|----------------------|-----|-------------|--------|-----|-----|-----|-----|--------|
| | Ag | Au | Pd | Pt | Y | Eu | Overige REs | Sb | Co | In | Ga | W | Ta |
| | Yellow | Yellow | Red | Red | Red | Red | Red | Red | Red | Red | Red | Red | Red |
| Aangemerkt als kritisch : Concentratie van productie en mijnbouw in beperkt aantal landen, hoge afhankelijkheid en/of slecht substitueerbaar en/of recycling en recovery uit producten beperkt. | | | | | | | | | | | | | |
| Niet aangemerkt als kritisch, (momenteel) wel waardevol | | | | | | | | | | | | | |
| Niet aangemerkt als kritisch, (momenteel) niet waardevol | | | | | | | | | | | | | |

Op basis van de recyclingmodellen zoals ontwikkeld door MARAS in opdracht van NVMP/Wecycle zijn als voorbeeld berekeningen voor de terugwinning van printplaten tijdens fysische verwerking en de terugwinning van de kritische stoffen hieruit in metallurgische verwerking getoond. Dit is eveneens mogelijk voor alle andere producten.

In dit document is tevens met een kort voorbeeld aangetoond hoe voorspellingen kunnen worden gedaan voor de terugwinning (recyclingprestatie) van de afzonderlijke kritische stoffen uit de verschillende E-waste producten op basis van de, door MARAS voor NVMP/Wecycle ontwikkelde, recyclingmodellen. De recycling/recovery van (kritische) stoffen uit E-waste kan als functie van tijd worden voorspeld door het combineren van levensduur-, en tijdsafhankelijke gewichts- en samenstellingdistributies van de producten en kritische stoffen hierin.

Conclusie

Om een volledig gekwantificeerd beeld te krijgen van het voorkomen van alle als ‘kritisch’ aangemerkte stoffen in E-waste zal het onderzoek zoals nu is uitgevoerd voor een aantal producten, eveneens voor de andere E-waste producten dienen te worden uitgevoerd. De terugwinbaarheid van de materialen uit diverse producten kan verschillen per product en is afhankelijk van de gekozen verwerkingsroute, eindverwerkingstechnologie en combinatie van materialen in een product.

Voor het vaststellen van de kwantitatieve rol van de recycling van E-waste in de terugwinning van grondstoffen en kritische materialen (zoals onder andere wordt beoogd met het concept van de Grondstoffenrotonde en als één van de pijlers in het bereiken van Resource Efficiency binnen Europa) is het noodzakelijk dat meer en goede productgegevens (incl. consistente analyses van aanwezige kritische grondstoffen/elementen) beschikbaar zijn en/of worden uitgevoerd. Voor de huidige beschikbare data geldt dat deze vaak op een verschillende basis, voor een niet altijd consistente lijst aan materialen/stoffen/chemische componenten beschikbaar/verkregen is. Verschillende analyses en literatuurbronnen zijn hierdoor niet altijd (goed) met elkaar te combineren en/of te vergelijken.

Het voorbeeld van het aandeel kritische stoffen uit het E-waste (REOs uit Verlichting) vrijgekomen in Nederland versus Europa (en/of wereldproductie) kan ook voor de andere producten en kritische materialen worden uitgewerkt, om zo een kwantitatief beeld van de bijdrage/rol van E-waste recycling in Nederland aan de totale Europese en/of wereldmarkt van vrijgekomen/geproduceerde kritische stoffen te verkrijgen.

In een eerder document is aangegeven wat de voorwaarden en uitdagingen zijn voor het slagen van de Grondstoffenrotonde en een Resource Efficient Europe.