



**Blootstelling aan enkele metalen tijdens het ontmantelen van elektrische en elektronische toestellen.**

**Jean-Paul Barbieux, Roger Grosjean, Steve Vandavelde, Kristof Verlé,  
Gianpaolo Vona**

## 1. Inleiding

Elektrische en elektronische toestellen en apparaten komen op het einde van hun nuttige levensduur in het afvalstadium terecht. Iedere Europeaan zou gemiddeld elk jaar 14 kg van deze afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (AEEA) produceren.

Aangezien de onderdelen milieugevaarlijke stoffen kunnen bevatten (zoals lood, cadmium, kwik, PCB's, broomhoudende vlamvertragers, ....), en aangezien bepaalde elementen (zoals koper, aluminium, edele metalen ..) en onderdelen in aanmerking kunnen komen voor recyclage, bestaan er sinds enige jaren circuits waarlangs de burger en de bedrijven hun afgedankte elektrische en elektronische toestellen op een verantwoorde wijze kunnen afvoeren. Zo bestaat er in België het RECUPEL systeem ([www.recupel.be](http://www.recupel.be)) en de afvoer langs de containerparken.

Vanuit arbeidshygiënisch standpunt rijst de vraag welke de blootstelling is tijdens de ontmantelingsactiviteiten.

De ontmantelingsactiviteiten kunnen gaan van zeer eenvoudige handelingen zoals het manueel sorteren en verwijderen van voorwerpen die niet in de bewuste afvalstroom thuishoren (zoals speelgoed), het afknippen van snoeren, het verwijderen van condensatoren (eventuele aanwezigheid van PCB's), het verwijderen van toestellen waarvan men vermoedt dat ze asbest zouden kunnen bevatten (zoals broodroosters, oudere strijkijzers, ...) , het verwijderen van batterijen en inktpatronen uit printers tot de volledige ontmanteling en vermaling van het apparaat. Naargelang de graad van ontmanteling gaan de onderdelen naar een verdere verwerker of naar het bedrijf waar de eigenlijke recyclage en recuperatie plaatsvindt.

## 2. Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is de blootstelling door inhalatie aan enkele relevante metalen te bepalen bij werknemers die activiteiten eigen aan ontmanteling uitvoeren.

Dermale blootstelling en de eventuele blootstelling aan PCB's, asbest of vlamvertragers waren geen onderwerp voor het onderzoek.

Deze campagne van het laboratorium voor industriële toxicologie van de FOD Werkgelegenheid, arbeid en Sociaal Overleg vond plaats van augustus 2006 tot juni 2007.

## 3. Methode

De selectie van de bedrijven gebeurde aan de hand van lijsten bezorgd door RECUPEL en de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij OVAM. Een aantal bedrijven werd bezocht en uiteindelijk werden vijf bedrijven weerhouden om er blootstellingsmetingen te verrichten. Deze 5 bedrijven zouden moeten toelaten een representatief beeld te krijgen van deze sector.

Tijdens de voorafgaande bezoeken werden de mogelijke blootstellingen en de werkplaatsfactoren (activiteiten, configuratie van de werkplaats, ...) bekeken en werd een selectie gemaakt van de te bemonsteren werknemers. Het aantal bemonsterde werknemers varieerde van 5 tot 8. Soms werden op kritische plaatsen stationaire metingen verricht.

De monsterneming gebeurde hoofdzakelijk persoonlijk: een filterhouder - met daarin een membraanfilter - die de inhaleerbare fractie verzamelde volgens de EN 481 (zoals een CIS filterhouder) werd in de ademzone aangebracht. Om het gebruiksgemak te verbeteren werden de pomp en de filterhouder bevestigd op een riem. De monsterneming werd gedurende enkele uren uitgevoerd over een periode die representatief was voor een normale werkdag.

In een aantal gevallen werd een gravimetrische bepaling uitgevoerd: wegen van de filter vóór en na de blootstelling. De filter werd opgelost in 65 % salpeterzuur. De concentratie van de elementen werd bepaald met een Inductief Gekoppeld Plasma- Atoomemissie Spectrometrie ICP-OES. Per reeks metingen werd een referentiefilter van STAMI (Noors overheidsinstituut voor arbeidshygiëne) meegenomen.

Voor de bepaling van kwik werd voor de absorptie van de dampfase een Hydrar buisje gebruikt. Het verzamelde kwik werd bepaald met een koude damp techniek met ICP-OES.

Bij de ontmanteling van koelkasten dient de koelvloeistof gerecupereerd te worden. Meer recente modellen kunnen zeer licht ontvlambare koelvloeistoffen bevatten. Om veiligheidsredenen is een strikte scheiding tussen de ontmantelingslijnen met niet ontvlambare koelvloeistoffen en die met de zeer licht ontvlambare koelvloeistoffen noodzakelijk. In enkele gevallen werden de organische stoffen die vrijkomen tijdens het ontmantelingsproces kwalitatief bepaald. De monsterneming gebeurde door diffusie, de geïdentificeerde stoffen werden geïdentificeerd met gaschromatografie gekoppeld met massaspectrometrie.

De regionale directies van het Toezicht Welzijn op het Werk hebben een individueel verslag gekregen voor het bedrijf in hun directie.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van resultaten.

Alle resultaten worden uitgedrukt in  $\mu\text{g}$  per  $\text{m}^3$  tenzij anders vermeld.

De waarden voorafgegaan van “ < ” werden bekomen door het berekenen van de kwantificeringslimiet.

#### 4. Resultaten

Voor de identificatie van de elementen wordt verwezen naar de bijlage.

##### 4.1. Bedrijf A.

Dit bedrijf opereert op een z.g. “business to business” basis.

Dit houdt in dat vaak grote partijen goederen, afkomstig van een zelfde klant, worden behandeld. Deze situatie verschilt van de aanvoer van containerparken of vanuit de kleinhandel. Het kan betekenen dat nooit gebruikte toestellen hier terechtkomen.

Voorbeelden van activiteiten: uitpakken en ontmantelen van reeds volledig verpakte goederen (uit verpakking nemen, verzamelen van handleidingen, afknippen snoeren, verwijderen van condensatoren en batterijen), het ontmantelen van beeldbuizen (zonder het vermalen van het glas), “grove sloop” ontmantelen van grote toestellen zoals fotokopieermachines.

Bereik inhaleerbare deeltjes: 0,72 tot 1,63  $\text{mg}$  per  $\text{m}^3$ .

	<b>Be</b>	<b>Hg</b>	<b>Y</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>
Bereik in $\mu\text{g}$ per $\text{m}^3$	0,01	0,001- 0,035	0,355- 1,117	0,087- 0,180	0,426- 0,563	0,276- 0,767

Yttrium Y komt voor in beeldbuizen van monitoren en televisietoestellen.

##### 4.2 Bedrijf B

In dit bedrijf worden o.a. koelkasten, televisietoestellen en monitoren ontmanteld. Het glas van de monitoren wordt gemalen en gewassen. Geëxpandeerde materialen met licht ontvlambare blaasmiddelen (zoals pentaan) worden afzonderlijk behandeld.

De metalen onderdelen worden vermalen.

	<b>Hg</b>	<b>Be</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Y</b>
Bereik in µg per m <sup>3</sup>	< 0,43 - < 0,75	< 0,01- < 0,02	0,83 - 6,85	0,72 - 2,09	0,56 - 1,43	6,41 - 146,69

	<b>Co</b>	<b>Fe</b>	<b>Pb</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>
Bereik in µg per m <sup>3</sup>	0,05 - 0,52	133,70 - 443,63	15,07- 46,46	1,08 -3,71	41,27- 232,63	3,26- 17,24

Aan de aftappost voor het witgoed werden dichloordifluormethaan (R12) en cyclopentaan geïdentificeerd.

#### 4.2. Bedrijf C

In dit bedrijf wordt een breed gamma huishoudtoestellen ontmanteld: witgoed (zoals koelkasten en diepvriezers), bruingoed (televisietoestellen, stofzuigers, ...). De verschillende niet-risicohoudende onderdelen worden vermalen en achteraf in verschillende fracties gescheiden.

Bereik inhaleerbare deeltjes: van 0,77 tot 2,62 mg per m<sup>3</sup>.

	<b>Pb</b>	<b>Be</b>	<b>Y</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>	<b>Ni</b>
Bereik in µg per m <sup>3</sup>	2,6 - 53,2-	< 0,02	< 0,01	0,3 – 0,5	0,7 – 0,9	< 0,51	1,0 - 2,9

Aan de ontmantelingslijn voor de koelkasten werden trichloorfluormethaan R11 en dichloordifluormethaan R12 geïdentificeerd.

#### 4.4 Bedrijf D

In dit bedrijf gebeurt slechts een beperkte ontmanteling van bruingoed en computers. De gedemonteerde onderdelen worden elders verder verwerkt.

	<b>Pb</b>	<b>Be</b>	<b>Y</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>	<b>Ni</b>
Bereik in µg per m <sup>3</sup>	1,7- 11,2	< 0,01	< 0,002	< 0,01	0,2– 1,4	< 0,9	0,7 - 4,5

Bereik inhaleerbare deeltjes: van 1,60 tot 8,15 mg per m<sup>3</sup>. (hoogste waarde bij chauffeur voorkliff).

## 4.5 Bedrijf E

In dit bedrijf worden kleine elektrische toestellen, monitoren van computers en televisietoestellen ontmanteld.

	<b>Hg</b>	<b>Be</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Cr</b>	<b>Y</b>
Bereik in $\mu\text{g}$ per $\text{m}^3$	< 1,6	< 0,006	0 –2,3	< 0,03	0,1- 1,0	< 1,01

	<b>Co</b>	<b>Fe</b>	<b>Pb</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>
Bereik in $\mu\text{g}$ per $\text{m}^3$	< 0,03 – 0,6	22 - 216	< 1,4 – 54,2	1,0 –6,7	4,2- 123,1	0,9 – 42,9

Bereik inhaleerbare deeltjes: van 1,1 tot 9,8 mg per  $\text{m}^3$ .

## 5. Metingen kwikdamp.

De in de voorgaande tabellen opgenomen resultaten zijn die voor kwik in de deeltjesfractie (verzameld op filter)

Voor kwikdamp waren alle waarden begrepen tussen de 0,2 en de 0,4  $\mu\text{g}$  per  $\text{m}^3$ .

## 6. Grenswaarden.

De volgende grenswaarden zijn van kracht (zie bijlage I van Hoofdstuk I van Titel V van de Codex).

Alle grenswaarden worden uitgedrukt in **mg/m<sup>3</sup>**.

Alle waarden hebben betrekking op de inhaleerbare fractie volgens de EN 481.

**Beryllium Be: 0,002**

**Kwik Hg** (anorganisch en metallisch) : **0,025**

**Yttrium Y** (metaal en verbindingen): **1**

**Cadmium Cd** (inhaleerbare deeltjes): **0,01**

**Chroom Cr** (metaal en anorganische verbindingen met uitzondering van Cr VI verbindingen): **0,5**

**Nikkel Ni** (onoplosbare verbindingen): **1**

**Kobalt Co** (stof en rook): **0,02**

**IJzer Fe** (de hier gemeten concentratie is geen “rook”): **5**

**Lood Pb** (anorganische stof en rook) : **0,15**

**Mangaan Mn** (verbindingen): **0,2**

**Zink Zn** (oxide stof): **10**

**Koper Cu** (stof en nevel): **1**

**Deeltjes (elders niet ingedeeld, inhaleerbare fractie): 10.**

## **7. Vaststellingen en aanbevelingen.**

Op enkele schaarse uitzonderingen na waren er voordien nooit metingen van de blootstelling verricht in de bezochte bedrijven.

Een dergelijke vaststelling werd ook gedaan tijdens de campagnes lasrook en styreen.

Het is onduidelijk op welke manier de werkgever kan aantonen hoe hij de risico's voldoende beheerst zonder deze metingen en hoe hij een efficiënt gezondheidstoezicht kan organiseren.

Het gezondheidstoezicht moet gebaseerd zijn op de risicoanalyse.

De gemeten concentraties zijn vergelijkbaar met soortgelijke metingen in Duitsland.

De concentraties bedragen meestal slechts een geringe fractie van de concentraties van de grenswaarden voor de beroepsblootstelling, tenzij voor lood en cadmium.

De ontmantelingsactiviteiten gaan vaak gepaard met de emissie van stof.

Dit houdt in dat de ingestie als gevolg van een gebrekkige hygiëne (onvoldoende wassen van handen en aangezicht vóór het eten, eten met bevulde werkkledij) een belangrijke bijdrage kan leveren tot de lichaamsbelasting.

Kwik blijft op sommige plaatsen een aandachtspunt: TL lampen, spaarlampen en bepaalde elektronische onderdelen kunnen bij breuk of vermalen kwikdampen en kwikhoudende deeltjes vrijstellen.

Regelmatige metingen van het kwikgehalte (zowel in de dampfase als in de deeltjesvormige fractie) op kritische plaatsen is nodig om eventuele contaminatie op te sporen en op te ruimen.

## **Dankwoord**

De preventieadviseurs en productieverantwoordelijken van de geselecteerde bedrijven worden bedankt voor de praktische organisatie van de metingen.

De inzet van de werknemers die de pompen gedragen hebben tijdens de metingen wordt sterk geapprecieerd.

Onze medewerker Claude Bourdauduc heeft goede ondersteuning gegeven tijdens de monsterneming.

## **Literatuur**

Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) LV 27: Umgang mit Gefahrstoffen bei der manuellen Zerlegung von Bildschirm- und anderen Elektrogeräten April 2002

Stoffbelastung beim Elektronikschrott-Recycling M. Hanke, Ch. Ihrig, D.F. Ihrig Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin – Gefährliche Arbeitsstoffe- GA 56 Dortmund- Berlin 2001

Brussel, juni 2008

Nadere inlichtingen over dit verslag zijn te bekomen bij:

Roger Grosjean Tel. + 32 2 208 3779

FOD WASO

WTC III

Simon Bolivarlaan 30 Bus 6

B 1000 Brussel

[roger.grosjean@werk.belgie.be](mailto:roger.grosjean@werk.belgie.be)

## Bijlage : gevaarlijke stoffen die kunnen aanwezig zijn in AEEA

Stoffen kunnen op basis van hun **intrinsieke** fysisch-chemische en (eco)toxicologische eigenschappen ingedeeld worden in **gevaars**categorieën.

De loutere aanwezigheid van een gevaarlijke stof betekent niet automatisch dat er een **risico** aan verbonden is.

Het risico houdt verband met de waarschijnlijkheid waarmee de stof haar potentieel gevaarlijke eigenschappen kan manifesteren. Cruciaal hierbij is de blootstellingsroute.

In het werkmilieu zijn de volgende blootstellingsroutes belangrijk:

- **Inhalatie:** de inhaleerbare fractie is de fractie die het hoofd kan binnentreden door te ademen langs neus en mond. De inhaleerbare fractie is in het werkmilieu meestal de biologisch relevante fractie. Onderweg naar de longalveolen worden grotere deeltjes uit de luchtstroom verwijderd. Deze worden dan vaak afgevoerd via het maagdarkanaal.
- **Blootstelling langs de huid:** in het kader van de probleemstelling is de huid vooral belangrijk als indirecte blootstellingsroute voor ingestie. Deeltjes die op de huid van het aangezicht (lippen en omgeving van de mond) en de handen terecht zijn gekomen, kunnen, zeker bij een slechte hygiëne, ingeslikt en in het maagdarkanaal terechtkomen. Het is bekend dat bij blootstelling aan metaalhoudende deeltjes de indirecte opname via de mond door een slechte hygiëne een aanzienlijk bijdrage tot de totale lichaamsbelasting kan leveren. Rechtstreekse opname van metalen door de huid is eerder uitzonderlijk maar toch beschreven voor enkele metalen zoals kobalt. Kwantitatieve schattingen van de blootstelling langs de huid zijn niet eenvoudig, moeilijk te interpreteren en worden dan ook nauwelijks uitgevoerd.
- **Inslikken:** in het werkmilieu alleen het gevolg van incidenten of een slechte hygiëne.

**Aromatische azoverbindingen** kunnen in LC displays voorkomen. Sommige van die azoverbindingen zijn als kankerverwekkend voor de mens ingedeeld. Een opname door inhalatie is onwaarschijnlijk. Huidcontact dient vermeden te worden.

**Lood Pb** zit in glas van beeldschermen. Lood kan voorkomen in soldeer. Loodverbindingen kunnen de ontwikkeling van het menselijk embryo schaden en hebben mogelijk een negatieve invloed op de vruchtbaarheid. Loodverbindingen kunnen accumuleren in het menselijk lichaam. Hoge blootstellingen kunnen leiden tot nierschade, remming van de aanmaak van rode bloedlichaampjes en neurologische afwijkingen.

**Cadmium Cd** komt voor in batterijen, bepaalde soldeer, sommige legeringen en onder de vorm van cadmiumsulfide in de lichtgevende laag aan de binnenkant van het frontglas van beeldschermen. Cadmium en sommige van zijn verbindingen zijn ingedeeld als kankerverwekkend en giftig bij inademing en inslikken. Cadmiumverbindingen kunnen zeer lange tijd in het lichaam aangerijkt worden. Het voornaamste doelwitorgaan is de nier.

**Beryllium Be** komt voor in bepaalde legeringen. Beryllium kan sensibiliserend werken, huidaandoeningen en longkanker veroorzaken.

**Kobalt Co** kan voorkomen in kleurstoffen, bepaalde lakken en bepaalde legeringen. Kobalt kan sensibiliserend werken, longfibrose en cardiovasculaire effecten veroorzaken. Sommige kobaltverbindingen kunnen longkanker veroorzaken.

**Nikkel Ni** komt voor in geleidersplaten, thermische elementen, batterijen. Nikkel kan sensibiliserend werken.



**Mangaan Mn** komt voor in talrijke legeringen. Mangaan kan na langdurige blootstelling neurologische afwijkingen geven.

**Kwik Hg** kan voorkomen in sommige schakelaars en in buislampen. Kwik kan in het lichaam aangerijkt worden en aanleiding geven tot neurologische afwijkingen.

**Yttrium Y** kan voorkomen op de lichtgevende laag in beeldschermen. Yttriumverbindingen zijn irriterend voor de ogen en ademhalingswegen.