



## **Toxics Chemicals in Computers – *Reloaded***

**Kevin Brigden, Joe Webster, Iryna Labunska and David Santillo**  
**Greenpeace – Research Laboratories Technical note 06/07 – September 2007**

### **Nederlandse samenvatting**

De bezorgdheid over het gebruik van gevaarlijke chemicaliën in consumptieartikelen neemt toe, met name in het geval van elektrische en elektronische apparatuur. Onderdelen van sommige elektrische producten, waaronder ook computers, kunnen zware metalen en andere gevaarlijke chemicaliën bevatten. Deze stoffen komen vrij tijdens de productie, het gebruik en met name als de producten afval zijn geworden. Ze tasten vervolgens het milieu en onze gezondheid aan.

In 2006 heeft Greenpeace een reeks gevaarlijke chemicaliën aangetroffen in laptops die in Europa te koop werden aangeboden. Dit vond plaats vóór de introductie van wetgeving die het gebruik van bepaalde gevaarlijke chemicaliën in elektrische en elektronische producten in de EU reguleert. Onlangs is in China gelijksoortige wetgeving ingevoerd.

Deze vervolgstudie is door Greenpeace uitgevoerd na de invoering van deze wetten. Het doel was de aanwezigheid van bepaalde gevaarlijke stoffen te onderzoeken in een assortiment van laptops die te koop worden aangeboden in de EU en veel andere landen, waaronder China, de VS, de Filippijnen en Argentinië.

In totaal werden tussen juli en september 2006 18 individuele laptops van 6 populaire merken aangeschaft. Indien mogelijk werd in verschillende landen hetzelfde model laptop van hetzelfde merk aangeschaft, om vast te stellen of de plaats van aankoop van invloed was op de aanwezigheid van gevaarlijke chemicaliën. Als in verschillende landen niet dezelfde modellen werden aangeboden, werden modellen aangeschaft die zoveel mogelijk op elkaar leken. De onderzochte laptops worden opgesomd in de volgende tabel (\* - land binnen de EU).

<b>Merk</b>	<b>Model</b>	<b>Land van aanschaf</b>
Dell	Latitude D420	China, Duitsland*, VS
Sony	Vaio TX	Zweden*, Japan
Apple	Macbook 1,83 Ghz	Filippijnen, Rusland, Nederland*, VS
Acer	Aspire 5562 WXM Aspire 5672 WLMi	China, Thailand, Polen* Nederland*
HP	Pavilion dv8375LA Pavilion dv8275LA Pavilion dv8365ea Pavilion dv8000t	Mexico Argentinië Frankrijk* VS
Toshiba	Satellite U200	Verenigd Koninkrijk*

Een breed scala van equivalente interne en externe materialen en onderdelen van elke laptop werd onderzocht op de aanwezigheid van bepaalde gevaarlijke stoffen. De lijst van onderzochte stoffen is gedeeltelijk gebaseerd op wetgeving in de EU en China ter regulering van gevaarlijke chemicaliën in elektrische apparatuur, maar bevat ook andere chemicaliën die onze aandacht hebben. De specifieke stoffen waar dit onderzoek zich op richtte waren:

- zware metalen (lood, kwik, cadmium en hexavalent chroom\*)
- broom, als indicatie voor de aanwezigheid van broomhoudende vlamvertragers
- vier specifieke broomhoudende vlamvertragers \*\*
- PVC (polyvinylchloride)
- ftalaatesters (ftalaten)

\*-Gereguleerd door wetgeving in EU en China; \*\*-enkele van deze broomhoudende vlamvertragers zijn gereguleerd door wetgeving in EU en China

Ongeveer 30 materialen en onderdelen van elke laptop werden geanalyseerd met röntgen-microanalyse (XRF) om de concentratie van de stoffen broom (Br), cadmium (Cd), kwik (Hg) en lood (Pb) te bepalen. Daarnaast werden met behulp van andere standaardtechnieken 10 monsters van soldeersel voor elektrische aansluitingen onderzocht op lood en andere metalen, en werden 8-10 metalen onderdelen onderzocht op hexavalent chroom. Verder werden 8-10 plastic materialen getest op aanwezigheid van PVC (2-4 interne lintkabels en de bekleding van 6 interne en externe kabels). Twee van deze materialen (een interne lintkabel en de plastic bekleding van een externe kabel) werden nader onderzocht op een reeks van ftalaten. Van elk merk werden ook nog 1 tot 3 broomhoudende onderdelen van één laptop onderzocht op de aanwezigheid van een reeks extraheerbare broomhoudende vlamvertragers, te weten PBDE's, PBB's, HBCD en TBBPA.

Het onderzoek van de diverse laptoponderdelen leverde het volgende op:

- **Lood, cadmium** en **kwik** werden aangetroffen in geen van de monsters die met XRF werden onderzocht (met detectiegrenzen van 0,01% voor cadmium en 0,05% voor lood en kwik).
  - In geen van de monsters elektrisch soldeersel werd **lood** aangetroffen (met een detectiegrens van 0,1%). De soldeersels bestonden uit verschillende mengsels van andere metalen, waarbij de samenstelling afhankelijk was van de plaats van toepassing in de computer.
  - **Hexavalent** chroom werd in geen van de monsters aangetroffen (met een detectiegrens van 0,1%).
  - **Broom**, een indicatie voor de aanwezigheid van broomhoudende vlamvertragers, werd aangetroffen in een breed scala van verschillende materialen en onderdelen. Meer dan 30% van de in totaal 523 geteste monsters bevatte broom (boven een detectiegrens van 0,1%), met massaconcentraties variërend van 0,3% tot 10%.
- 
- Van alle onderzochte merken bevatten de Sony-laptops het minste aantal monsters waarin broom werd aangetroffen (4 per laptop). Voor de overige 4 merken werden meer broomhoudende monsters gevonden (tussen 11 en 16 monsters per laptop). Er waren maar kleine verschillen tussen de hoeveelheden broom bevattende monsters van deze merken. In de Dell modellen werden ze het meeste gevonden (14-15 monsters per laptop).
  - Het daadwerkelijke gehalte aan broom in afzonderlijke soorten monsters (d.w.z. specifieke materialen of onderdelen) verschilde zeer tussen laptops van hetzelfde merk, evenals tussen de laptops van verschillende merken.
  - Tussen de verschillende merken bestaan, gezien over alle geteste onderdelen en materialen, geen duidelijke en consistente verschillen in de aanwezigheid en gehalten van broom. Tussen merken onderling waren er verschillen waarneembaar voor enkele individuele onderdelen, maar er was geen consistent patroon voor alle type onderdelen.
  - Voor printplaten wordt de eliminatie van broomhoudende vlamvertragers gezien als een moeilijke opgave. Broom werd veel aangetroffen in de geteste printplaten, uitgezonderd van de Sony laptops (broom werd gevonden in maar 1 van de 6 types printplaat) en in iets mindere mate Toshiba (in 2 van de 5 types printplaten). Bij beide merken bevatte het moederbord geen broom in detecteerbare hoeveelheden. Deze resultaten laten zien dat het gebruik van broomvrije printplaten mogelijk is in veel verschillende toepassingen.
  - Bijna alle geteste printplaten, waaronder de moederborden, in de laptops van Dell, Apple, Acer en HP bevatten broom. De concentraties waren over het algemeen hoog en voor equivalente printplaten werden dezelfde concentraties gevonden bij alle vier de merken.

- XRF analyse is een veel gebruikte techniek om de compositie van materialen vast te stellen, hoewel deze techniek niet altijd precies is. Deze studie liet zien dat voor sommige niet-homogene materialen zoals printplaten het incorrect toepassen van de techniek tot foutieve negatieve resultaten kan leiden. De analyse kan dan bijvoorbeeld aangeven dat het materiaal geen stoffen zoals broom bevat, terwijl er in werkelijkheid hoge concentratie van dat element in het materiaal aanwezig zijn.
- Van **broomhoudende vlamvertragers** werden de concentraties gemeten in een relatief klein aantal monsters (15, gelimiteerd door de kosten van de analyse) en van slechts één laptop per merk. Bij Apple werden nog aanvullende monsters geanalyseerd om de substantiële variaties in broomgehalte bij een en hetzelfde merk te onderzoeken. TBBPA en PBDE's werden vastgesteld in 4 van deze 15 monsters (met een detectiegrens van 0,5 mg/kg). Deze verbindingen werden aangetroffen in drie monsters van Apple-laptops (twee lintkabels en een muis-touchpad) en in een monster uit de Dell-laptop (lint kabel). Deze broomhoudende vlamvertragers waren aanwezig in dusdanig lage concentraties, dat daarmee niet het totale broomgehalte van deze monsters kon worden verklaard. Dit duidt er op dat de broomhoudende substanties in deze materialen grotendeels uit andere verbindingen bestaan. PBB's en HBCD werden in geen van de 15 monsters vastgesteld (met een detectiegrens van 0,5 mg/kg).
- In sommige monsters werden ook andere broomhoudende verbindingen vastgesteld. Alhoewel hiervan geen gehalten zijn gemeten, duiden de gegevens er op dat deze stoffen ook in relatief lage concentraties aanwezig zijn. Het lijkt daardoor waarschijnlijk dat het grootste deel van het broom dat in de monsters is gemeten voor specifieke broomhoudende vlamvertragers, is gebonden in het polymeermateriaal van de monsters, of aanwezig is als oligomere vlamvertragers met een hoog molecuulgewicht zoals broomhoudende epoxy oligomeren (BEO's), die met de in dit onderzoek gebruikte methodes niet konden worden geanalyseerd.
- **PVC** werd aangetroffen in 44% van alle plastic omhulsels van interne bedrading en externe kabels (48 van 108 monsters uit alle laptops), met name in de buitenste omhulsels van de externe stroomkabel. Bij elk merk waren er grote verschillen tussen de individuele laptops in het aantal monsters met PVC. Geen van de geteste merken bevatte duidelijk meer of minder PVC-houdende materialen dan de andere merken. PVC werd in geen van de 62 geteste lintkabels (uit alle laptops) aangetroffen. Alhoewel PVC niet direct toxisch is, is dit plastic problematisch op het gebied van afvalbeheer, omdat het in de afvalstroom een bron van organisch gebonden chloor vormt. Het geeft ook op andere punten in zijn levenscyclus aanleiding tot zorgen. Verder maakt het gebruik van PVC in bepaalde toepassingen de inzet van andere chemicaliën nodig, zoals ftalaatesters (ftalaten), die worden gebruikt als plastificeermiddel (weekmakers).

- **Ftalaten** werden aangetroffen in de buitenste laag van de plasticomhulsels van de externe stroomkabel van alle laptops in gemiddelde tot zeer hoge concentraties (tot meer dan 25% van het totale gewicht van het plastic omhulsels). In elk monster werd een mengsel van twee of meer ftalaten vastgesteld. De plastic bekleding van de stroomkabels die bij de Apple-laptops werden geleverd leken niet van PVC te zijn vervaardigd. Hierin werd het laagste gehalte aan ftalaten gevonden (0,2-0,3% massaconcentratie). De hoogste waarden werden gevonden in de kabels van de laptops van Acer en HP (18-28%). De ftalaatmengsels bestonden voor het grootste deel uit diisononylftalaat (DINP) en diisodecylftalaat (DIDP), met lagere concentraties diethylhexylftalaat (DEHP). Deze chemicaliën kunnen in de loop van de tijd uit het plastic migreren. Er zijn aanwijzingen dat deze ftalaten giftig zijn, met name in het geval van DEHP, dat in Europa is ingeschaald als 'toxisch ten aanzien van de voortplanting'.

Over het algemeen leveren deze resultaten nader bewijs dat het vervangen van gevaarlijke chemicaliën en materialen in de elektronica-sector haalbaar is. Voor elk type materiaal uit een of meerdere laptops waarin broom, een specifieke broomhoudende vlamvertrager of het plastic PVC werd gevonden, werden in andere laptops voorbeelden aangetroffen van equivalente materialen die deze chemicaliën niet bevatten.

Het maakte geen duidelijk en consistent verschil in de prevalentie van broom, de aanwezigheid van bepaalde broomhoudende vlamvertragers of het gehalte en de samenstelling van ftalaten in de geteste onderdelen, of de laptops waren aangeschaft in landen met of zonder wetgeving die het gebruik van gevaarlijke chemicaliën in elektronica aan banden legt. In het algemeen wijzen de gegevens er op dat op een breed vlak actie wordt ondernomen om het gebruik van lood, cadmium, kwik en hexavalent chroom te elimineren.

Bij sommige materialen lijkt de eliminatie van een bepaalde gevaarlijke stof universeel te zijn (in alle geteste monsters). Dit is bijvoorbeeld zo in het geval van de elektrische soldeersels. Dit is echter nog niet het geval bij alle onderzochte chemicaliën. De resultaten bewijzen dat halogeenhoudende (d.w.z. broom- of chloorhoudende) materialen en bepaalde gevaarlijke chemicaliën nog steeds gebruikt worden in deze populaire laptopmerken. Het gaat hier onder andere om broom, een indicatie voor het gebruik van broomhoudende vlamvertragers, het gebruik van PVC in de plastic bekleding van bedrading en kabels, en het gebruik van ftalaten als weekmakers in externe stroomkabels. Bovendien zijn de alternatieven voor de stoffen die algemeen werden aangetroffen in dit onderzoek soms ook problematisch. In het geval van een kabel van een Acer-laptop hing het gebruik van een alternatief voor PVC samen met het gebruik van een gevaarlijker mengsel van ftalaten, waaronder ook DEHP.

Het is belangrijk om er op te wijzen dat de gegevens en de conclusie alleen van toepassing zijn op de materialen en onderdelen die zijn onderzocht. Deze vormen slechts een klein gedeelte van het zeer grote aantal materialen en onderdelen van elke laptop. De afwezigheid van een bepaalde chemische stof in alle onderzochte monsters van een laptop betekent nog niet dat de laptop deze stof in het geheel niet bevat. Verder heeft deze studie alleen betrekking op de specifieke modellen die van elk merk zijn onderzocht. Het gebruik van de chemicaliën in het gehele assortiment van een merk kan hiervan afwijken. Dit geeft aan dat het zeer moeilijk is te bepalen of een individueel product, dan wel een merk als geheel, in zijn totaliteit vrij is van een bepaalde chemische stof.

Alhoewel bepaalde broomhoudende vlamvertragers (waaronder de meeste PBDE's), waarvan het gebruik in specifieke landen en regio's wordt gereguleerd vanwege hun toxiciteit en chemische eigenschappen, slechts in lage concentraties of in het geheel niet aanwezig waren in de ondergroep van onderzochte monsters, wijzen de resultaten op voortdurend gebruik van andere broomhoudende verbindingen of materialen in deze monsters. In het geval van verwijderings- en/of recyclingoperaties (met name vuilverbranding, (uit)smelten en verbranding in de open lucht) is de aanwezigheid van organisch gebonden broom en chloor in wat voor vorm ook zorgwekkend, aangezien deze stoffen bijdragen tot de vorming van diverse gevaarlijke verbrandingsproducten, waaronder broomwaterstof, broomhoudende dioxines en furanen.

Het lijkt waarschijnlijk dat de afwezigheid van bepaalde gevaarlijke chemicaliën in de onderzochte laptops voornamelijk veroorzaakt wordt door wetgeving die onlangs in diverse landen is ingevoerd. Hierbij wordt met name gedacht aan de zogeheten RoHS-richtlijn van de EU, die zelfs buiten de EU heeft geleid tot veranderingen in deze mondiale industrie. Alle geteste monsters, uit alle laptops en van alle merken, voldeden aan de RoHS-richtlijn, of de laptops nu in EU-landen waren aangeschaft of niet. Verder voldeden alle monsters uit de in China gekochte laptops aan de nationale Chinese wetgeving, ook al is deze pas van kracht geworden na de aankoop van deze laptops. De bestaande relevante wetgeving is echter van toepassing in een fractie van de landen waar deze producten worden verkocht. Ook al hebben deze wetten geleid tot veranderingen buiten de EU en China, zij kunnen niet verhinderen dat in andere landen producten worden verkocht, die het toch beperkte aantal gevaarlijke chemicaliën bevatten, die zij reguleren. Dit is onlangs aangetoond in andere, vergelijkbare onderzoeken<sup>16</sup>. Het blijft noodzakelijk om toepasselijke verordeningen in te voeren voor deze en andere elektrische en elektronische producten, in alle landen waar zij commercieel verkrijgbaar zijn, zodat consumenten beschermd worden en veilige en consistente recyclingmethodes mogelijk zijn.

In hun huidige vorm beperken de van kracht zijnde wetten in de EU en China niet eens het gebruik van alle gevaarlijke stoffen die in elektrische en elektronische apparatuur aanwezig kunnen zijn. Dit onderzoek heeft aangetoond dat deze producten nog andere gevaarlijke stoffen kunnen bevatten dan degene die onder deze wetten vallen (bijv. andere broomhoudende vlamvertragers, PVC en ftalaten).

Andere recente studies hebben het potentiële gevaar aangetoond van broomhoudende vlamvertragers die niet gereguleerd worden door huidige wetgeving in de EU of in andere landen. Zo werd de blootstelling van recycling arbeiders aan deca-BDE aangetoond in de hoogste in de concentraties die ooit in mensen gevonden zijn<sup>1</sup>, en werd de potentiële milieu impact aangetoond van de recycling en verwijdering van producten die nog niet gereguleerde broomhoudende vlamvertragers bevatten<sup>2</sup>. Wetgeving die bedoeld is om de menselijke gezondheid en het milieu te beschermen door het gebruik van gevaarlijke chemicaliën in producten te beperken, zal uiteindelijk alle gevaarlijke stoffen moeten bestrijken.

Het gebruik van gevaarlijke chemicaliën in laptops en andere elektrische en elektronische apparaten kan uitgebannen worden door nationale wetgeving en/of door verbintenissen die de fabrikanten vrijwillig aangaan. In de EU heeft de ervaring op het gebied van andere gevaarlijke chemicaliën geleerd dat het invoeren van vrijwillige of door onderhandeling tot stand gekomen maatregelen het meest effectief is, als voor de toekomst regulering wordt aangekondigd. Dit is zeker zo geweest in het geval van de RoHS-richtlijn, die zelfs al voor de formele inkrachttreding in juli 2006 ver buiten de EU een wijidverbreide invloed had op het gebruik van materialen in laptops.

---

<sup>1</sup> Bi, X., Thomas, G.O., Jones, K.C., Qu, W., Sheng, G., Martin, F.L., Fu, J. (2007) Exposure of Electronics Dismantling workers to Polybrominated Diphenyl Ethers, Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides in South China. *Environmental Science and Technology* 41: 5647-5653.

<sup>2</sup> Stutz, M., Riess, M., Tungare, A.V., Hosseinpour, J., Waechter, G., Rottler, H. (2000) Combustion of Halogen-free Printed Wiring Boards and Analysis of Thermal Degradation Products. *Proceedings Electronics Goes Green 2000*, 127-132. Gullet, B.K., Linak, W.P., Touati, A., Wasson, S.J., Gatica, S., King, C.J. (2007) Characterization of air emissions and residual ash from open burning of electronic wastes during simulated rudimentary recycling operations. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 9 (1) 69-79.