

11

Kwik, lood, cadmium en organotin

11.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt de zware metalen kwik, lood en cadmium en in beperkte mate ook organische tinverbindingen (organotin). Deze zware metalen komen niet standaard in het binnenmilieu voor, maar kunnen daar wel aanwezig zijn in toepassingen of in het huisstof terecht komen. Blootstelling aan lage concentraties van deze metalen kan al nadelige gevolgen voor de gezondheid hebben.

11.2 Kwik

Kwik, vroeger ook wel mercurius genoemd, is een zwaar metaal dat van nature in de aardkorst voorkomt. Normaal komt kwik niet in vrije vorm voor in de binnenlucht. Bij breuk van een (koorts)thermometer of een ander kwikhoudend instrument in een woning, kan kwik echter vrijkomen in het binnenmilieu. Er bestaan verschillende soorten kwik, waarvan kwikzilver de bekendste is. Kwik staat al lang bekend als gevaarlijke stof voor mens en milieu.

11.2.1 Wat is kwik?

Kwik (scheikundig symbool: Hg) is een metaal dat bij kamertemperatuur vloeibaar is. In deze omstandigheden is het een glanzende, zilverkleurige, zware vloeistof. Het is een edelmetaal, hetgeen betekent dat het bij kamertemperatuur in een droge omgeving niet wordt aangetast door zuurstof. Het heeft een hoge oppervlaktetensioning waardoor het de neiging heeft om in kleine hoeveelheden als bolletjes bij elkaar te blijven. Bij kamertemperatuur is kwik echter ook vluchtig, er komt kwikdamp vrij. Kwikdamp is zwaarder dan lucht en zal in stilstaande lucht naar beneden uitzakken. Kwik komt in verschillende vormen voor: als organische en anorganische kwikverbindingen. Anorganisch kwik in legeringen en zouten wordt metallisch kwik genoemd, daarnaast bestaat elementair kwik. In de lucht komt kwik voornamelijk voor als metallisch kwik. Metallisch kwik wordt ook wel kwikzilver genoemd en komt onder andere voor in ouderwetse koortsthermometers en in vullingen van het gebit. Organisch gebonden kwik, waarvan methylkwik de belangrijkste vorm is, zit vooral in voedsel zoals vis.(1-4)

11.2.2 Bronnen van kwik

Kwik komt van nature voor in de aardkorst en komt vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen.(5,6) Een bekende toepassing van kwik is het gebruik door tandartsen in amalgaamvullingen om gaatjes te vullen.

Metallisch kwik kan in de woning voorkomen in een aantal toepassingen, zoals kwikthermometers, kwikbarometers, thermostaten, vertragingsschakelaars, batterijen, TL- en spaarlampen en bloeddrukmeters met een kwikkolom.(2,3) Fenykwikacetaat is gebruikt als conserveermiddel, onder andere in verf. Sinds 2003 mogen er echter geen kwikhoudende producten meer verkocht worden.(7) Het gaat dus om toepassingen die voor het jaar 2003 zijn aangeschaft. Van deze producten hebben alleen kwikbarometers en bloeddrukmeters een kleine open verbinding met de lucht. Bij de andere instrumenten is het kwik van de lucht afgesloten door bijvoorbeeld glas. Bij een breuk kan het kwik vrijkomen in de binnenlucht.

Blootstelling aan organisch kwik geschiedt vooral via de voeding.(8,6) Met name roofvissen die lang leven zoals zwaardvis, haai en koningsmakreel, bevatten relatief veel kwik. In Nederland is

snoekbaars een vissoort met relatief veel kwik. Andere veelgegeten vissoorten, zoals gewone makreel, haring, zalm, tonijn, kabeljauw en gekweekte paling, bevatten minder kwik. Alle vissoorten in Nederland blijven ruimschoots onder de gestelde wettelijke norm.(9) Voor meer informatie over kwik in voeding kan men terecht op de website van het Voedingscentrum (www.voedingscentrum.nl).

Na het schilderen van muren met latexverf die fenykwik bevat, kan de lucht een te hoog gehalte kwikdamp bevatten.(10) Het breken van een thermometer is voor zover bekend de belangrijkste bron van kwik binnenshuis. In dit hoofdstuk wordt dan ook de meeste aandacht gegeven aan metallisch kwik.

11.2.3 Inspectie

Kwik dat vrijkomt uit een thermometer ziet er uit als zilverkleurige vloeistof die in bolletjes bij elkaar blijft.

Het opruimen van gemorst kwik

GGD Groningen heeft in overleg met de medisch milieukundigen een protocol voor aanpak van kwikmorsing opgesteld.

Opruimen kan op de volgende manieren. Indien mogelijk kunnen de kwikdruppeltjes met een papiertje worden verzameld (tot één grote kwikdruppel) en vervolgens in een plastic zakje worden gedaan. Door zwavelbloem of zwavelpoeder op het kwik te strooien, wordt het gebonden en kan er minder kwik verdampen. Vervolgens moet het kwik-zwavelbloemmengsel worden verzameld en als chemisch afval worden behandeld. Zwavelbloem of zwavelpoeder is te koop bij de apotheek. Daarna kan de plek met water goed worden schoongemaakt, bijvoorbeeld met behulp van wegwerptissues of een oude lap. Kwik dat gemorst is op tapijt, is niet goed te reinigen. In dat geval moet het tapijt (gedeeltelijk) als chemisch afval verwijderd worden. Ook andere textiele oppervlakken, zoals kleding en knuffelbeestjes en alle schoonmaakmaterialen moeten luchtdicht verpakt en weggegooid worden en als chemisch afval behandeld worden (inclusief het metallisch kwik zelf). Gebruik in ieder geval géén stofzuiger: het metallisch kwik blijft namelijk achter in de stofzuiger. Daarna zal nog geruime tijd bij stofzuigen kwikdamp vrijkomen en in de woonruimte worden verspreid.

Alle lichaamsdelen die met het kwik in aanraking zijn geweest, moeten goed worden gewassen met water en zeep.(3) Het is belangrijk om tijdens en na het schoonmaken goed te ventileren.

11.2.4 Meten van kwik

De concentratie kwik kan worden gemeten in biologische monsters, of in monsters van bodem, water of lucht. Dit kan de GGD niet zelf. Het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM meet kwik in de samenstelling van neerslag in de buitenlucht.(11) Voor metingen in de binnenlucht zal opdracht moeten worden gegeven aan het RIVM of een gecertificeerd bureau van gemeente of provincie of een bedrijf.

De meest gebruikte methode voor het bepalen van totaal-kwik is de koude damp-atomaire absorptiespectrometrie (CV-AAS). Deze methode staat beschreven in de normen NEN 6438, NEN 6439, NEN 6445 en NEN 6449.(2,12) Deze techniek is toegepast in monitoren die continu de concentratie aangeven vanaf 1 ng/m³ Hg. Er zijn ook draagbare monitoren; die zijn minder gevoelig, bijvoorbeeld vanaf 1 µg/m³.

NEN-ISO 17733:2004 en Werkplekatmosfeer beschrijft de bepaling van het gehalte aan kwik en anorganische kwikcomponenten in de werkplekatmosfeer middels atomaire-absorptiespectrometrie met koude damp of atomaire fluorescentiespectrometrie.(12)

Metallisch kwik in de binnenlucht kan ook worden bepaald met een gasdetectiebuisje. Deze heeft echter een veel hogere detectiegrens.

11.2.5 Referentiewaarden: concentraties in woningen

In woningen is de kwikconcentratie over het algemeen vergelijkbaar met die in de buitenlucht.(2) In Nederland is voor zover bekend in Maastricht voor het laatst kwik in de buitenlucht gemeten. In de zomer van 2003 werd daar een gemiddelde van 2,4 ng/m³ kwik in de lucht gemeten, met een maximum van 12,2 ng/m³. Deze concentraties zijn deels beïnvloed door kwikuitstoot door de omliggende industrie.(13) In 1999 berekende het RIVM een achtergrondconcentratie van kwik in buitenlucht van 2-3 ng/m³.(14)

Een thermometer bevat ongeveer 1,5 gram kwik. In geval van een thermometerbreuk kunnen hoge concentraties kwik in de binnenlucht ontstaan. In een woonruimte waar een kwikthermometer was gebroken, werden op de dag van het morsen kwikconcentraties tot 25 µg/m³ gemeten. Na zeven weken was deze concentratie gedaald tot maximaal 9 µg/m³. Als het gemorst kwik snel wordt verwijderd, zullen de hoge kwikconcentraties van korte duur zijn.(15) Bij een casus bij GGD Eindhoven bleek echter dat huishoudelijk schoonmaken van gemorst kwik op een school niet voldoende was om de kwikconcentraties in de lucht voldoende te laten dalen. Pas na professionele schoonmaak waarbij ook de plinten werden verwijderd daalden de kwikconcentraties in de lucht tot een acceptabel niveau.(16)

In 2006 is in de regio Gelderland-Midden in een woning een industriële, kwik bevattende klok van de muur op de trap kapot gevallen. De bewoners hebben het kwik opgezogen met een stofzuiger. Kwikrestanten in deze stofzuiger kunnen bijgedragen hebben aan een verdere verspreiding van het kwik door het huis. Twee tot drie maanden later werd de elfjarige dochter in het ziekenhuis opgenomen met kwikvergiftiging. De Milieugevallendienst (MOD) heeft daarop in de woning veeg- en luchtmonsters genomen. Luchtmonsters in de woning gaven concentraties van 6 µg/m³ boven de trap, 3,6 µg/m³ in de slaapkamer van het meisje en 0,3 µg/m³ in de woonkamer.(17) De woning is schoongemaakt en drieënhalve week daarna zijn controlemetingen verricht. De concentratie bleek gedaald tot 0,33 µg/m³ in de gang bij de trap, tot 0,13 µg/m³ in de slaapkamer van het meisje en tot 0,10 µg/m³ in de woonkamer. Metingen in de slaapkamers van de zoon en de ouders toonden beide een concentratie van 0,18 µg/m³.(18)

Modelberekeningen geven aan dat bij een thermometerbreuk in een woning direct na het breken een kwikconcentratie van ongeveer 3 µg/m³ kan heersen. Wanneer het gemorst kwik niet wordt opgeruimd en de ventilatie slecht is, kan deze concentratie oplopen tot 45 µg/m³. Deze concentratie daalt dan slechts zeer langzaam. Gedurende één jaar kunnen deze dan boven het niveau van 0,5 µg/m³ (zie paragraaf 11.2.7 'Normen') blijven. Volgens het model kan het morsen van circa 0,2 gram kwik al voldoende zijn om een concentratie van 0,5 µg/m³ te overschrijden.(15)

In de Verenigde Staten heeft het Illinois Department of Public Health, dat zich onder andere bezighoudt met het verwijderen van gemorst kwik, na een gebroken thermometer nooit hogere concentraties van kwikdamp aangetroffen dan 1 µg/m³.(19)

Concentraties in het binnenmilieu kunnen sterk oplopen door het gebruik van kwik voor culturele of religieuze rituelen.(20) Bij deze rituelen wordt bijvoorbeeld kwik over de vloer gesprend, in een kaars gebrand of met parfum gemengd.

11.2.6 Effecten op de gezondheid

Als (metallisch) kwik via de mond in het maagarmkanaal terechtkomt, is het nauwelijks schadelijk, omdat het kwik op die manier bijna niet wordt opgenomen in het lichaam. Het verdwijnt grotendeels via de ontlasting uit het lichaam. Dit in tegenstelling tot organische kwikverbindingen, zoals methylkwik in bijvoorbeeld vis, die wel gemakkelijk worden opgenomen.

Kwikdamp kan met name bij inademing de gezondheid aantasten. Het kwik dat via de longen in het lichaam wordt opgenomen, stapelt in de hersenen. Kwikdampen en organische kwikverbindingen kunnen het centrale zenuwstelsel aantasten. Bij opname van te veel kwikdamp door het lichaam treden niet-specifieke klachten op als vermoeidheid, gebrek aan eetlust en maagarmklachten. Bovendien kan kwik de nieren aantasten. Als de schade aan de nieren als gevolg van kwik beperkt is, kunnen de nieren zich waarschijnlijk weer helemaal herstellen. Bij een aanzienlijke opname kan er sprake zijn van trillen van de oogleden, lippen en vingers en kunnen er persoonlijk-

heidsstoornissen ontstaan. Deze gezondheidseffecten zijn over het algemeen tijdelijk, hoewel bij een zeer hoge blootstelling de gezondheidsschade permanent kan zijn.(3)

Geïnhaleerde kwikdamp wordt voor circa 80% geresorbeerd door de longen. Het kwik wordt door het hele lichaam verspreid. Nadat het metallisch kwik in het bloed is terechtgekomen zal het, vooral in de rode bloedcellen, snel worden omgezet in anorganisch kwik. De nieren zijn de belangrijkste opslagplaats. Metallisch en anorganisch kwik worden vooral via de fecaliën en urine uitgescheiden. Bij chronische blootstelling is de uitscheiding via de urine het grootst. In 1 à 2 maanden verlaat de helft van het kwik via de urine en fecaliën het lichaam.

De concentratie kwik in de urine, uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$ of $\mu\text{g/g}$ creatinine, is na ongeveer een jaar van blootstelling een goede indicator voor de langetermijnblootstelling aan metallisch kwik. Het gehalte kwik in bloed geeft vooral een indicatie van recente blootstelling.

Metallisch kwik kan snel de bloed-hersenbarrière en de placenta passeren. Anorganisch kwik kan dit minder gemakkelijk. Door omzetting van het in de hersenen aanwezige metallisch kwik kan anorganisch kwik echter toch in de hersenen terechtkomen. Dit anorganisch kwik kan hier enkele jaren aanwezig blijven, omdat anorganisch kwik immers slechts in geringe mate de bloed-hersenbarrière kan passeren.(2)

Kinderen zijn gevoeliger voor kwikdamp dan volwassenen, omdat kinderen sneller ademen, hun bloed-hersenbarrière makkelijker gepasseerd kan worden en hun zenuwstelsel nog in ontwikkeling is. Kwikdamp is bovendien zwaar, waardoor de concentratie laag boven de grond, waar kleine kinderen zich bevinden, hoger is.(19)

Bij de mens zijn amalgaamvullingen de meest voorkomende bron van kwik. Door slijtage en kauwen kan er kwik uit de vullingen vrijkomen. Dit is zogenaamd gebonden kwik (anorganische kwikverbindingen) en kan niet veel kwaad, omdat het wordt doorgeslikt en vanuit het maagdarmkanaal nauwelijks wordt opgenomen in het lichaam.(2) Uit de vullingen kan ook kwikdamp vrijkomen dat kan worden opgenomen in het lichaam. Het is bekend dat mensen met vullingen meer kwik in hun lichaam hebben dan mensen zonder vullingen. Hoe meer vullingen iemand heeft, hoe meer kwik er vrij kan komen. De hoeveelheid kwik die vrijkomt uit de vullingen en uiteindelijk in het lichaam terechtkomt, is echter minimaal (1 tot 5 $\mu\text{g/dag}$). (21) De Gezondheidsraad constateerde in 1998 op verzoek van toenmalig minister Borst dat er geen wetenschappelijke aanwijzingen zijn dat kwik in amalgaamvullingen gezondheidsschade veroorzaakt.(22)

Effecten van acute blootstelling aan metallisch kwik

De belangrijkste gezondheidkundige effecten van acute blootstelling aan hoge concentraties metallisch kwik, vanaf 100 $\mu\text{g/m}^3$, zijn: tremoren, psychische afwijkingen, afname in motorische functie en spierreflexen, hoofdpijn, abnormale EEG's en effecten op de luchtwegen, zoals ademnood, hoesten en verminderde longfunctie.(2)

Effecten van chronische blootstelling aan metallisch kwik

Bij chronische blootstelling aan lagere kwikdampconcentraties van 25-80 $\mu\text{g/m}^3$ is het centrale zenuwstelsel het meest kritieke doelorgaan. Deze concentraties komen overeen met 20-100 μg metallisch kwik per gram creatinine in de urine. De effecten die kunnen optreden zijn ondermeer: tremoren, prikkelbaarheid, slecht concentratievermogen, problemen met het kortetermijngeheugen, verminderde prestaties bij psychomotorische vaardigheden zoals hand-oogcoördinatie en een verminderde zenuwgeleiding bij gevoelige groepen. Deze neurologische effecten zijn na een kort- of langdurende blootstelling min of meer gelijk. Alleen naarmate de blootstelling langer en/of hoger is, worden de effecten intensiever en mogelijk ook blijvend. Na langdurige blootstelling aan metallisch kwik kunnen er ook negatieve effecten in de nieren, zoals proteïnuria (eiwitten in de urine) en het zogenaamde nefrotisch syndroom (proteïnurie, hypoproteïnemie, oedeem en hyperlipemie, door onder andere intoxicaties) optreden.

Bij kinderen zijn na chronische blootstelling aan metallisch kwik de volgende symptomen beschreven: jeuk of pijn in vingers en tenen en soms ook in handen, voeten en neus met een roze verkleuring, later blauw en gezwollen, met transpiratie, spierzwakte, lusteloosheid en lichtschiuwheid, ontstoken tandvlees en diverse andere symptomen. Deze aandoening wordt acrodynie of 'pink disease' genoemd. Ook een ander syndroom met rode pijnlijke huid, lymfklierzwellingen en koorts is wel eens aan kwik toegeschreven onder de naam mucocutaan lymfekliersyndroom, of 'Kawasaki disease'. Tegenwoordig wijt men dit syndroom aan andere (nog onbekende) oorzaken.(2,23)

Effecten van blootstelling aan methylkwik

Bij kwikconcentraties in urine vanaf 50 µg/l worden niet-specifieke klachten gerapporteerd als malaise, zwakte, en cognitieve effecten. Bij concentraties vanaf 100 µg/l kwik in urine zijn neurologische effecten gerapporteerd.(23)

De Gezondheidsraad constateerde in 2000 dat metallisch kwik en methylkwik mogelijk schade kunnen toebrengen aan het ongeboren kind.(24) (Aan zwangere vrouwen moet daarom worden aangeraden om terughoudend te zijn met het eten van roofvissen. Zie de website van het Voedingscentrum voor de vissoorten die kwik bevatten.) Bij blootstelling aan metallisch kwik zijn geen mutagene effecten gevonden. Bewijzen voor carcinogeniteit zijn er evenmin.(2)

11.2.7 Normen

De gezondheidkundige advieswaarde voor kwikdamp in het binnenmilieu bedraagt 50 ng/m³ (jaargemiddeld). Deze waarde is vastgesteld op basis van een risicobeoordeling voor kwik in lucht door een werkgroep van de EU in 2003. Deze waarde is lager dan de TCL (toelaatbare concentratie in lucht) van 200 ng/m³, zoals het RIVM die in 2001 heeft voorgesteld voor metallisch kwik.(25)

In de Verenigde Staten is een 'Minimal risk level' (MRL, een schatting van de dagelijkse blootstelling die waarschijnlijk geen risico op negatieve gezondheidseffecten met zich meebrengt) vastgesteld voor kwikdamp van 0,2 µg/m³ voor langdurige blootstelling.(23)

Het Europese Parlement heeft geen normen vastgesteld voor kwik, omdat de concentraties die voorkomen in de buitenlucht lager zijn dan de concentraties waarbij negatieve gezondheidseffecten worden verwacht.(26)

Voor kwikalkylverbindingen bedraagt de MAC-waarde 10 µg/m³ met een MAC TGG-15min van 20 µg/m³. Vrouwen in de vruchtbare leeftijd moeten blootstelling aan deze stoffen zoveel mogelijk vermijden. Voor organische kwikverbindingen bedraagt de MAC-waarde 10 µg/m³, met een MAC TGG-15min van 30 µg/m³. De MAC-waarde voor anorganische kwikzouten bedraagt 20 µg/m³ sinds september 2006. (1,27) De MAC-waarde voor metallisch kwik bedraagt sinds september 2006 20 µg/m³. De MAC TGG-15min (tijdgewogen gemiddelde) bedraagt sinds 1986 500 µg/m³.(27)

11.2.8 Juridische aspecten

- 1980 Stoffenbesluit Cosmetics. Kwik mag niet worden toegepast in cosmetica (Staatsblad 256, 3 april 1980).
- 1985 Wet bestrijdingsmiddelen. Kwikhoudend pesticide is niet toegestaan in Nederland.
- 1991 Cadmiumbesluit. Verbod op cadmiumhoudende kleurstoffen in verpakkingen, waarmee ook kwikgebruik in verpakkingsmaterialen aan banden is gelegd (Staatsblad 1990).
- 1993 EG-Richtlijn 91/157/CEE. Alkaline batterijen mogen niet meer dan 0,025% kwik bevatten.
- 2000 Verbod op import en productie van kwikhoudende producten.
- 2003 Kwikbesluit. Voorraden van kwikhoudende producten moeten van de schappen zijn gehaald en als gevaarlijk afval zijn verwijderd. Kwikhoudende producten die voor 1 januari 2003 zijn aangeschaft en in gebruik zijn genomen, mogen gebruikt blijven worden en eventueel ook weer als tweedehandsproduct worden verhandeld. Consumenten moeten kwik als chemisch afval verwijderen.

2006 De Europese Commissie werkt aan een plan om in de hele EU kwik te verbieden in nieuwe thermometers en om chloorfabrieken die met kwikcellen werken te sluiten.

11.2.9 Verantwoordelijke partijen

De VROM-Inspectie ziet erop toe dat het Kwikbesluit wordt nageleefd. Consumenten kunnen met kwikhoudende afvalstoffen terecht bij het klein chemisch afvaldepot in hun gemeente of bij winkels met een inzamelplicht. Gaat het om grote hoeveelheden, dan kan men rechtstreeks contact zoeken met een verwerker van kwikhoudende afvalstoffen.(7)

De Europese Commissie heeft een strategie opgesteld om kwik in het (buiten)milieu te verminderen.(26)

11.3 Lood

Lood is vroeger veel toegepast in waterleidingen, vanwege de goede eigenschappen die lood hiervoor heeft (buigbaar, maar stabiel en bestand tegen corrosie). Vanwege de gezondheidseffecten die kunnen optreden door blootstelling aan lood in drinkwater is inmiddels het gebruik van lood in waterleidingen verboden. In oude woningen kan lood echter nog steeds voorkomen in leidingen. Daarnaast zijn er ook andere toepassingen van lood die in woningen kunnen voorkomen. Bovendien kan lood uit het buitenmilieu naar binnen komen. Lood vormt met name voor kinderen een risico vanwege de inwerking op het centrale zenuwstelsel.

11.3.1 Wat is lood?

Lood (scheikundig symbool: Pb) is een donkergrijs zacht metaal dat bij kamertemperatuur een vaste vorm heeft. Het komt van nature voor in verscheidene mineralen. Lood heeft een hoge dichtheid, laat weinig gamma- en röntgenstraling door, is een slechte geluidgeleider, is bijzonder buigzaam, is goed bestand tegen corrosie en is stabiel.(28)

11.3.2 Bronnen van lood

Lood werd vroeger verwerkt in waterleidingen. Voor de leidingen, maar ook voor de koppelstukken en het soldeer, werd lood gebruikt.(29) Tot 1940 waren alle waterleidingen van lood gemaakt. Tot 1945 zijn loden drinkwaterleidingen volop toegepast. Daarna is het gebruik van lood in waterleidingen afgenomen en sinds 1960 wordt lood vrijwel niet meer toegepast in waterleidingen. (29,30) Lood werd ook toegevoegd aan benzine. Sinds de komst van de katalysatoren rond 1987 kwam er loodvrije benzine op de markt. Sinds 2000 wordt er helemaal geen lood meer aan benzine toegevoegd.(31)

In het verleden werd lood gebruikt bij het bereiden van bepaalde soorten verf. Sinds ongeveer 1980 zit er geen lood meer in muurverf. Menie bevat van oudsher lood, hoewel tegenwoordig ook loodvrije menie te koop is.

Lood wordt daarnaast onder andere toegepast in batterijen, kogels, visloden, loodkoord in gordijnen en vitrage, loodglazuur op aardewerk, glas-in-lood, loodsoldeer. Bij het werken met deze producten kan loodstof op de kleding achterblijven en op die manier de woning binnenkomen. Lood kan ook vanuit de bodem, vanuit het straatstof en vanuit verf in het huisstof terechtkomen.

Zuigelingen kunnen via moedermelk lood binnenkrijgen. De loodconcentratie in moedermelk bedraagt ongeveer 5-10% van de loodconcentratie in het bloed van de moeder.(29)

In andere landen zijn kaarsen te koop waarvan de pit versterkt is met looddraad. Tijdens het branden leidt dit tot hoge loodgehalten van de lucht. Het regelmatig branden van dergelijke kaarsen kan leiden tot een loodvergiftiging.(32) Het is niet ondenkbaar dat dergelijke kaarsen ook in Nederland verkocht worden.

11.3.3 Inspectie

Loden waterleidingen zijn te herkennen aan de grijze kleur (anders dan de koperkleur van koperen leidingen). Loodhoudende verf is alleen te herkennen aan de productinformatie, bijvoorbeeld op het blik. Een loodkoord is een loden staafje onder in vitrage of een gordijn om de stof te verzwaren. Hierbij gaat het erom of met name kinderen direct bij het lood kunnen om eraan te zitten met hun handjes of om aan te sabbelen. Dit kan niet als het lood in kunststof zit of zich buiten bereik van kinderen bevindt. Wanneer gegeten wordt uit geglazuurd aardewerk kan dit leiden tot blootstelling aan lood.

11.3.4 Meten van lood

Loodconcentraties in drinkwater, huisstof en bodem kunnen door een daartoe gecertificeerd laboratorium bepaald worden. Het laboratorium heeft informatie over de wijze van monstername of doet dit zelf. Het meten van lood in straatstof is beschreven in een onderzoek van Cora Klaver naar lood in straatstof uit 1994.(33)

Ook het meten van lood in bloed kan een GGD niet zelf doen. Een GGD kan wel zelf monsters nemen. Voor de analyse van lood in bloed is 1 ml bloed (bij voorkeur veneus) nodig. Voor de afname zijn naalden en buisjes nodig die zelf vrijwel geen lood bevatten. Een voorbeeld hiervan is een S-Monovette® EDTA-buisje met bijbehorende naald. Het bloed moet vervolgens worden ingevroren en naar een laboratorium (bijvoorbeeld het LVM-AC van het RIVM) worden gebracht.

Wanneer een loodvergiftiging wordt vermoed, kan via de huisarts een bloedtest worden gevraagd. Veel huisartsen zijn echter niet volledig op de hoogte van loodvergiftiging.

11.3.5 Referentiewaarden van lood

Sinds er geen lood meer door autoverkeer wordt uitgestoten, is de loodconcentratie in lucht sterk gedaald. In het industriële Rijnmond bedragen de loodconcentraties in de lucht 9,6 ng/m³.(34)

In 1994 werden in een onderzoek naar lood in straatstof gemiddelde concentraties gevonden tussen 564 en 2340 µg/g.(33) Sinds het verdwijnen van lood uit benzine zullen deze concentraties zijn afgenomen.

De dagelijkse inname van lood via voeding bedraagt 0,05 µg/kg lichaamsgewicht (mediaan) voor volwassenen en 0,10 µg/kg lichaamsgewicht (mediaan) voor kinderen tot 6 jaar.(21)

In 2005 bedroeg de gemiddelde loodconcentratie in bloed van jonge kinderen in Rotterdam 18,9 µg/l.(35)

11.3.6 Effecten op de gezondheid

Lood kan in het lichaam terecht komen via de mond of via de longen. In het lichaam verdeelt lood zich over drie lichaamscompartimenten: bloed, zachte weefsels (organen en zenuwstelsel) en het bot. Verreweg het grootste deel komt in het bot terecht. Lood wordt voornamelijk uitgescheiden via urine (ca. 76%) en deels via het maagdarmkanaal (circa 16%) en via zweet, gal, haren en nagels (circa 8%).

Wanneer een zwangere vrouw meer dan 100 µg/l lood in haar bloed heeft, kan dat bij het kind leiden tot verminderde mentale ontwikkeling, vroeggeboorte en verlaagd geboortegewicht. Loodblootstelling van kinderen kan leiden tot neurologische en cognitieve effecten, zoals afwijkend gedrag en een verlaagd IQ.(29) Deze effecten kunnen al optreden bij concentraties in bloed onder 100 µg/l.(36) Ook bij concentraties onder 50 µg/l is al een relatie gevonden tussen de loodconcentratie in bloed en cognitieve en academische vaardigheden.(37) Bij pubermeisjes met een loodconcentratie in bloed van 30 µg/l is vertraagde puberteitsontwikkeling aangetoond ten opzichte van meisjes met 10 µg/l lood in hun bloed.(38)

Een totaal overzicht van de gezondheidseffecten wordt gegeven in Tabel 11.1, die afkomstig is van de website van de Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR).

Tabel 11.1 Gezondheidseffecten bij loodconcentraties in bloed.(39)

Levensfase	Gezondheidseffect	Lood in bloed ($\mu\text{g/l}$)
Kinderen	verminderde activiteit ALAD enzym	< 50
	neurologische effecten	< 100
	seksuele rijping	< 100
	verminderd vitamine D metabolisme	> 150
	verhoogd erytrocyt porfirine (EP)	> 150
	vertraagde zenuwgeleiding	> 300
	verminderd hemoglobine	> 400
	koliek	> 600
Volwassenen	verminderde glomerulaire filtratie	< 100
	verhoogde bloeddruk	< 100
	verhoogd erytrocyt porfirine (EP) bij vrouwen	> 200
	enzym- en eiwituitscheiding in urine	> 300
	perifere neuropathie	> 400
	neurologische effecten	> 400
	verstoord schildklierhormoon	> 400
	verminderde vruchtbaarheid	> 400
	verminderd hemoglobine	> 500
	Ouderen	verminderd ALAD-enzym
neurologische effecten		> 40

11.3.7 Normen

De jaargemiddelde grenswaarde voor lood in de buitenlucht is $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ volgens de WHO en het Besluit luchtkwaliteit. Dit is tevens de gezondheidkundige advieswaarde voor het binnenmilieu.(25,34) Voor lood in huisstof bestaat geen norm.

De WHO-norm voor lood in drinkwater bedraagt $10 \mu\text{g}/\text{l}$. In Nederland stelde de Gezondheidsraad dat, in plaats van de Nederlandse norm te verlagen van $50 \mu\text{g}/\text{l}$ naar $10 \mu\text{g}/\text{l}$, het vervangen van loden waterleidingen effectiever is om blootstelling te verlagen.(29)

Voor lood in bloed bestaan geen normen, wel een richtwaarde. De Centers for Disease Control and Prevention (CDC) heeft in 1991 een 'level of concern for children' vastgesteld van $100 \mu\text{g}/\text{l}$.(40) Over deze richtlijn bestaat veel discussie, omdat ook onder $100 \mu\text{g}/\text{l}$ lood in bloed gezondheidseffecten zijn aangetoond. Er lijkt geen drempelwaarde te bestaan.

Volgens de Codex Alimentarius (een internationaal forum dat normen voor voeding ontwikkelt) is de maximaal te tolereren dagelijkse hoeveelheid lood die iemand mag binnenkrijgen $3,57 \mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht. Voor een volwassene van zeventig kilo komt dat neer op $250 \mu\text{g}/\text{dag}$.(41)

11.3.8 Juridische aspecten

Vanaf 1988 geldt in Nederland een verbod op toepassing van loden drinkwaterleidingen.(42) Het gebruik van loodhoudend soldeer is sinds 1 maart 1995 verboden door de drinkwaterbedrijfstak.(29) EU-Richtlijn 80/778, deel d, betreft onder andere lood in drinkwater.

Volgens EU- Richtlijn 98/70 geldt sinds 1 januari 2000 een verbod op het verkopen van gelode benzine.(31)

Het Besluit luchtkwaliteit stelt een grenswaarde voor lood van $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemiddeld over een jaar.(34)

11.3.9 Verantwoordelijke partijen

De Waterleidingbedrijven in Nederland zijn verantwoordelijk voor de vervanging van de loden leidingen tot de voordeur. Alle leidingen tot aan de watermeter, of, als er geen watermeter is, alle

leidingen tot het punt dat ze het huis binnenkomen, vallen niet onder de verantwoordelijkheid van de huiseigenaar maar onder die van het waterleidingbedrijf. De meeste van deze toevoerleidingen of dienstleidingen zijn inmiddels vervangen.

Huiseigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor het vervangen van loden drinkwaterleidingen in de woning. Alle leidingen vanaf de watermeter, dus ook als die buiten staat opgesteld, vallen onder de verantwoordelijkheid van huiseigenaren. Gemiddeld kost het vervangen zo'n 1.400 euro. Er bestond een subsidieregeling, maar deze is inmiddels opgeheven.(30)

11.4 Cadmium

11.4.1 Wat is cadmium?

Cadmium is een metaal dat voornamelijk als bijproduct uit zinkerts wordt gewonnen. Het komt van nature voor in de aardkorst. Cadmium (scheikundig symbool: Cd) komt bij kamertemperatuur in twee vormen voor: als een zilverwit metaal dat een vaste vorm heeft en als grijs poeder. Cadmiumpoeder is brandbaar en explosief bij reactie met lucht. Voorbeelden van cadmiumverbindingen zijn cadmiumchloride, cadmiumoxide en cadmiumsulfaat.

11.4.2 Bronnen van cadmium

Cadmium wordt gebruikt in onder andere oplaadbare batterijen, accu's, fotografische films, in pigmenten voor keramiek, email, glas en olieverf. Ook kan het nog aanwezig zijn in zink, gips, veevoeders en meststoffen. Cadmium wordt ook gebruikt om metalen van een oppervlaktelaag te voorzien, het zogenaamde cadmeren. Het kan als kleurstof voorkomen in kunststof. Rood, oranje, geel en groen kunststof heeft de grootste kans dat het cadmium bevat. Het komt voor in uiteenlopende producten, van pennen en archiefmappen tot speelgoed. Cadmium wordt ook als stabilisator gebruikt in PVC.(43) Daarnaast komt cadmium voor in voeding. Het meeste cadmium zit in schaal- en schelpdieren, vis, sommige wilde paddestoelen en orgaanvlees, zoals lever en niertjes. Ook in andere soorten vlees kan cadmium voorkomen. In rijst, granen, bladgroenten en brood zitten kleine hoeveelheden cadmium.(44) Cadmium zit ook in sigarettenrook. Eén sigaret bevat ongeveer 1-2 µg cadmium. Hiervan wordt circa 10% geïnhaleerd. Uit twintig sigaretten nemen rokers dus ongeveer 2-4 µg cadmium op.(45)

Cadmium dat in de bodem terecht is gekomen, kan van daaruit in het huisstof terecht komen. In door industrie met cadmium vervuilde gebieden, zoals in de Kempen, zijn de cadmiumconcentraties in het huisstof hoger dan in andere gebieden. Stof in huis is een belangrijke cadmiumbron.(46) Een onderzoek in Canada toonde aan dat de concentraties van cadmium in huisstof gemiddeld hoger zijn dan de concentraties in straatstof of tuingrond, door toevoeging van cadmium door bronnen binnenshuis (waaronder tabaksrook).(47)

11.4.3 Meten van cadmium

Meten van cadmium in lucht, bodem of in (voedings)producten kan niet door de GGD worden uitgevoerd. Dergelijke metingen kunnen door het RIVM of een gespecialiseerd bureau worden uitgevoerd. Een GGD-medewerker kan wel monsters nemen. Diverse NEN-normen beschrijven hoe het cadmiumgehalte bepaald moet worden.(12) Blootstelling aan cadmium kan worden gemeten in de urine. Cadmium wordt via de urine uitgescheiden uit het lichaam. Een verhoogde cadmiumconcentratie in urine wijst op (langdurige) blootstelling aan cadmium. Cadmiumbepalingen in urine kunnen door een gecertificeerd laboratorium (bijvoorbeeld van het RIVM) worden uitgevoerd.

11.4.4 Referentiewaarden: concentraties in woningen

Het RIVM heeft in 1998 achtergrondconcentraties van cadmium in buitenlucht gemeten. Deze concentraties lagen tussen 0,2 en 0,4 ng/m³. Nabij industrie lagen de concentraties tussen 0,4 en 0,6 ng/m³.(14)

In Groot-Brittannië werd in 1988 een gemiddelde cadmiumconcentratie in huisstof gerapporteerd van 6,9 mg/kg. Hand-mondcontact zou daarmee leiden tot een cadmiuminname van ongeveer 0,7 µg per dag. Dit zal hoger zijn in gebieden met veel cadmium in de bodem.(45)

De dagelijkse inname van cadmium via voeding bedraagt 0,14 µg/kg lichaamsgewicht (mediaan) voor volwassenen en 0,32 µg/kg lichaamsgewicht (mediaan) voor kinderen tot 6 jaar.(21)

11.4.5 Effecten op de gezondheid

Cadmium is giftig en is niet-afbreekbaar; het hoopt zich op in het menselijk lichaam. De opname van cadmium in het lichaam kan op twee manieren gebeuren.

Orale blootstelling

Cadmium kan via de mond (vanuit voedsel, huisstof, of door sabbelen) in het maag-darmkanaal terechtkomen. In het maag-darmkanaal wordt ongeveer 5% opgenomen in het lichaam. Bij mensen met ijzertekort kan dit oplopen tot 15%.

Bij chronische orale blootstelling kunnen lage concentraties al tot nierbeschadiging leiden. Het leidt tot tubulaire en milde glomerulaire insufficiëntie in de nieren en verhoogd verlies van calcium via urine door beschadiging van nierfilters. Ook botbreuken, vooral in de risicogroep van post-menopauzale vrouwen, kunnen toenemen door langdurige orale blootstelling aan cadmium. Cadmium heeft primair effect op de nieren, maar kan daarnaast effect hebben op de lever, hart en bloedvaten en het immuunsysteem.(45,46,48,49)

Een eenmalige blootstelling aan heel hoge doses (350-3500mg) cadmium kan leiden tot sterfte door dehydratie.(49)

Inhalatoire blootstelling

De tweede blootstellingsroute is via het inademen van stofdeeltjes die cadmium bevatten. Zwevend of neervallend stof, maar ook opwaaiend stof bevat een fijne fractie die gemakkelijk diep in de longen kan doordringen. Ingeademd cadmium wordt voor 50 tot 60% opgenomen in het lichaam. Sigarettenrook bevat ook cadmium, waardoor rokers een hogere opname door inademing hebben.

Inhalatie van hoge concentraties cadmium kan leiden tot chronische obstructieve luchtwegaandoeningen. Chronische inhalatie van cadmium leidt tot chronische ontstekingsreacties in de longen, longfibrose en verschijnselen van longemfyseem.(45,49) Daarnaast kan cadmium longkanker veroorzaken.(50) Het IARC heeft cadmium en zijn verbindingen dan ook ingedeeld als een menselijk carcinogeen. Ook bij inhalatoire blootstelling worden de nieren beschadigd door cadmium.(49)

Eenmalige blootstelling aan erg hoge doses cadmium (2500 mg/m³ gedurende 1 minuut of 5 mg/m³ gedurende 8 uur) kan leiden tot sterfte door longaandoeningen.(49)

De Gezondheidsraad heeft de volgende labels van de Europese Unie aan cadmium en cadmiumverbindingen gehangen (51):

Fertiliteit:	categorie 3 ('substances which cause concern for human fertility')
	R62 ('possible risk of impaired fertility')
Ontwikkeling:	categorie 3 ('substances which cause concern for humans owing to possible developmental toxic effects')
	R63 ('possible risk of harm to the unborn child')
Borstvoeding:	R64 ('may cause harm for breastfed babies')

11.4.6 Normen

Uit arbeidshygiënische studies werd door de WHO voor nieraandoeningen een LOAEL (lowest observed adverse effect level) van 100 µg/m³ maal het aantal jaren vastgesteld. Hier kan een NOAEL (no observed adverse effect level) uit worden afgeleid, rekening houdend met een levenslange blootstelling en verschillen tussen dieren en mensen, en op basis daarvan beveelt de WHO voor andere effecten dan kanker een grenswaarde aan van 5 ng/m³.(52)

De Werkgroep inzake metalen en het Wetenschappelijk Comité inzake Toxiciteit, Ecotoxiciteit en het Milieu (WCTEM) raden aan als jaargemiddelde een totale cadmiumconcentratie in de lucht van 5 ng/m³ niet te overschrijden om andere schadelijke effecten dan kanker te voorkomen. Dit komt overeen met het accepteren van een verhoogd risico over de rest van het leven van maximaal 20 gevallen per miljoen.(52)

De aanvaardbare hoeveelheid cadmium die mensen dagelijks via de voeding binnen mogen krijgen, is volgens de WHO 1µg/kg lichaamsgewicht. Deze norm is vastgesteld door een veiligheidsmarge van een factor 10 toe te passen op de laagste dosis cadmium die een negatief effect had bij proefdieren.(44)

De MAC-waarde voor cadmium en cadmiumverbindingen is vastgesteld op 0,005 mg/m³.(27)

11.4.7 Juridische aspecten

Cadmiumbesluit

Sinds 1 juli 1999 is het Cadmiumbesluit, Wet milieugevaarlijke stoffen 1999 van kracht. Dit besluit verbiedt het gebruik van cadmium als pigment, kleurstof, stabilisator en oppervlaktelaag. Verder verbiedt het besluit het produceren, importeren, verhandelen en het op voorraad hebben van:

- producten waarin pigment, kleurstof of stabilisator is gebruikt en waarvan het cadmiumgehalte meer dan 100 mg/kg bedraagt;
- producten met een cadmiumhoudende oppervlaktelaag waarin stof of verf is gebruikt met een cadmiumgehalte van meer dan 100 mg/kg;
- gips met een cadmiumgehalte van meer dan 2 mg/kg;
- cadmiumhoudende fotografische film;
- cadmiumhoudende fluorescentielampen.

Het Cadmiumbesluit is een Algemene maatregel van bestuur (AMvB) op grond van de Wet milieugevaarlijke stoffen. Het heeft tot doel de verspreiding van cadmium in het milieu tegen te gaan. Het besluit vertaalt de Europese Cadmiumrichtlijn (officieel de Richtlijn 91/338/EEG) van 12 juli 1991 in Nederlandse wetgeving. Voor sommige belangrijke toepassingen is cadmium nog altijd nodig. Het gaat hierbij onder andere om cadmium dat wordt gebruikt in de oppervlaktelaag van producten in de lucht-, en ruimtevaart, de off-shore industrie en elektrische contacten en als pigment of kleurstof in glazuur, glazuurverf, email, keramiek en kunstschilderverven. De EU werkt aan een wijziging van de richtlijn voor cadmium. Het is nog niet duidelijk wat in deze richtlijn wordt opgenomen en wanneer deze in werking treedt.

Warenwet

In de Warenwet is vastgelegd wat de maximaal toegestane hoeveelheid cadmium in levensmiddelen is.

Warenwetbesluit speelgoed

Besluit uit 1991, bevat regels voor producten die op de Nederlandse markt worden gebracht om de veiligheid ervan zoveel mogelijk te waarborgen. In artikel 11.1. staat dat 'speelgoed en kindervaren' geen bepaalde gevaarlijke stoffen of gevaarlijke preparaten mogen bevatten in hoeveelheden die de gezondheid van het kind kunnen schaden. De 'biologische beschikbaarheid ten gevolge van het gebruik van speelgoed en kindervaren' van cadmium mag per dag niet meer bedragen dan 0,6 µg.

Waterleidingbesluit

Drinkwater mag volgens het Waterleidingbesluit van het ministerie van VWS maximaal 5 µg cadmium per liter bevatten.

11.4.8 Verantwoordelijke partijen

De Voedsel en Waren Autoriteit ziet toe op naleving van de normen. Consumenten moeten cadmiumhoudend afval behandelen als chemisch afval.

11.5 Organotin

11.5.1 Wat is organotin?

Organotin is een verzamelnaam voor organische verbindingen die tin bevatten (tin gebonden aan koolstof). De bekendste organotinverbinding is tributyltin (TBT). Andere verbindingen zijn onder andere mono-, di- en trimethyltin, mono-, di- en tetrabutyltin (MBT, DBT en TeBT), mono- en dioctyltin (MOT en DOT), tricyclohexyltin (TCHT) en trifenyltin (TPT). Organotinverbindingen worden gebruikt als bestrijdingsmiddel en als stabilisator in PVC: een toevoeging die de plastics beschermt tegen hitte, UV-straling en lucht. Tri-organotins worden vooral ingezet als bestrijdingsmiddel. Di- en mono-organotins worden vooral toegepast als stabilisatoren van PVC.(53)

11.5.2 Bronnen van organotin

Organotinverbindingen zijn te vinden in producten van PVC, bijvoorbeeld in verpakkingsmaterialen, vloer- en wandbedekking, buizen, credit cards en flessen. De organotinverbindingen bevinden zich ook in textielproducten die polymeren bevatten, zoals T-shirts met opdruk, maandverband en luiers. Organotinverbindingen worden daarnaast toegepast in textiel en leer, vooral om bacteriegroei en zweetlucht tegen te gaan. Tevens worden ze gebruikt tegen schimmel en rotting in producten die worden blootgesteld aan natte omstandigheden, zoals tentdoek.(54-57)

De meest gebruikte organotinverbindingen in consumentenproducten zijn mono- en dibutyltin. Tweederde zit in PVC-producten als leidingen, panelen, behang, vloerzeil en speelgoed. De rest wordt onder meer toegepast in glascoatings. Ook mono- en dioctyltin worden vooral gebruikt in (voedselverpakkingen van) PVC.(53). Amerikaanse literatuur vermeldt de toepassing van organotinoxiden in interieurverf.(58)

De belangrijkste uitstoot van organotinverbindingen vindt plaats tijdens het gebruik. Vanuit PVC-waterleidingen kunnen organotinverbindingen in het drinkwater terechtkomen.

11.5.3 Referentiewaarden

Greenpeace liet in 2000 acht Europese parlamentsgebouwen onderzoeken op gevaarlijke stoffen, waaronder organotinverbindingen. De totale organotinconcentraties varieerden tussen 0,49 mg/kg en 3,48 mg/kg.(56) De concentraties in de Nederlandse Tweede Kamer (kantoren en trappen met tapijt) staan vermeld in Tabel 11.2. Vermoedelijk zijn deze organotinverbindingen afkomstig uit vloerbedekking, behang en diverse kunststofproducten.

In 2003 heeft Greenpeace in 51 Belgische woningen stofmonsters genomen en geanalyseerd op onder andere organotinverbindingen (Tabel 11.3).(59)

Tabel 11.2 organotinverbindingen in de Tweede Kamer, 2000.(56)

Organotinverbindingen in stofmonsters (µg/kg, ppb)								
MBT	DBT	TBT	TeBT	MOT	DOT	TCHT	TPT	Totaal organotin
1720	891	19,6	<1	293	67,5	<1	<1	2991,1
1540	814	187	<1	265	76,2	<1	<1	2882,2
1670	480	46,6	<1	832	140	<1	<1	3168,6
286	342	38,9	<1	15,1	4,3	<1	<1	686,3

MBT=monobutyltin, DBT=dibutyltin, TBT=tributyltin, TeBT=tetrabutyltin, MOT=monoocetyltn, DOT=dioctyltin, TCHT= tricyclohexyltin, TPT=trifenyltin.

Tabel 11.3 Organotinconcentraties in huisstof in België, Greenpeace 2003.(59)

Organotinconcentratie in huisstofmonsters, µg/kg								
	MBT	DBT	TBT	TeBT	MOT	DOT	TPT	Totaal
Gemiddelde	567	1417	280	6	86	113	1	2470
Mediaan	147	499	51	<10	61	62	<10	690

MBT=monobutyltin, DBT=dibutyltin, TBT=tributyltin, TeBT=tetrabutyltin, MOT=monoocetyl tin, DOT=diocetyl tin, TPT=trifenyln tin.

11.5.4 Effecten op de gezondheid

Er is weinig bekend over effecten op de gezondheid van mensen. Korte blootstelling kan leiden tot huid- en oogirritatie.(60,61) Andere gerapporteerde effecten na dermale of inhalatoire blootstelling zijn algemene malaise, misselijkheid, maagpijn, droge mond, verstoord zicht en kortademigheid.(61) Na inhalatie kunnen organotinverbindingen in de longen geabsorbeerd worden om vervolgens met name naar bloed en lever te gaan en in mindere mate naar andere organen.(62) Na orale inname van grote hoeveelheden organotin kunnen buikpijn, anemie, lever- gal- en nierproblemen ontstaan.(60,61) Over het algemeen zijn triorganotinverbindingen meer toxisch dan mono- en diorganotinverbindingen. Trimethyltin en triethyltin worden goed opgenomen vanuit het maag-darmkanaal en kunnen inwerken op het centrale zenuwstelsel.(54,60,61) Organotin-verbindingen zijn immunotoxisch: er worden met name effecten waargenomen op de thymus (onderdrukking van de thymusafhankelijke immuniteit. Vele organotin-verbindingen hebben ook effecten op de hormoonbalans.(63) In dieren is aangetoond dat enkele verbindingen zoals di- en tributyltin en trifenyln tin behalve op het immuunsysteem ook inwerken op het reproductiesysteem.(54,60)

11.5.5 Normen

Voor TBToxide is een NOAEL (no observed adverse effect level) voor immunotoxiciteit van 0,025 mg/kg lichaamsgewicht per dag geïdentificeerd in chronische voedingsstudies. Omdat TBT, DBT, TPT en DOT in gelijke mate immunotoxisch zijn, heeft de Europese voedselveiligheid autoriteit (EFSA) op basis hiervan een TDI voor deze hele groep van organotinverbindingen vastgesteld. Voor mogelijke gecombineerde effecten is een factor 100 toegepast en een TDI van 0,25 µg/kg lichaamsgewicht vastgesteld, voor TBT, DBT, TPT en DOT verbindingen.(64)

Het RIVM noemt voor TPT een ADI (acceptable daily intake) van 0,5 µg/kg lichaamsgewicht voor orale of systemische blootstelling en voor dialkyltinverbindingen een TDI (tolerable daily intake) van 2,3 µg/kg lichaamsgewicht voor orale of systemische blootstelling.(54)

De TLV (Threshold Limit Value, Amerikaanse richtlijn voor acht uur op een werkplek) voor organische tinverbindingen bedraagt 0,1 mg Sn/m³. De STEL (Short Term Exposure Limit, Amerikaanse richtlijn voor korte duur – 15 minuten – op een werkplek) bedraagt 0,2 mg Sn/m³.(65)

11.5.6 Juridische aspecten

Organotinverbindingen mogen sinds 2003 niet meer worden toegepast in scheepsverf. Voor alle andere toepassingen van organotinverbindingen bestaat nog geen internationaal verbod.(53,31)

11.6 Referenties

1. Chemiekaarten®. Gegevens voor veilig werken met chemicaliën. 21^e editie 2006. Samenwerkingsverband-Chemiekaarten (TNO Kwaliteit en Leven, VNCl). Sdu Uitgevers. Den Haag, 2005.
2. Slooff W, Beelen P van, Annema JA, Janus JA. Basisdocument Kwik. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 710401023. Bilthoven, 1994.
3. Website GGD Rotterdam-Rijnmond. Factsheet Kwik. www.ggd.rotterdam.nl.
4. Hulpverleningsdienst Groningen. Milieu en gezondheid: kwik. www.ggdgroningen.nl.

5. World Health Organization. Environmental Health Criteria 101 Methylmercury. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1990.
6. World Health Organization. Environmental Health Criteria 118 Inorganic Mercury. International Programme on Chemical Safety. Geneva, 1991.
7. Website Ministerie van VROM. Dossier Kwik. www.vrom.nl.
8. VROM-Inspectie. VROM-Inspectie controleert naleving Kwikbesluit: handels- en productieverbod onvoldoende bekend. Ministerie van VROM. Informatieblad. 2004.
9. Website Voedingscentrum. Kwik: bronnen en normen. www.voedingscentrum.nl.
10. Beusterien KM, Etzel RA, Agocs MM, Egeland GM, Socie EM, Rouse MA, Mortensen BK. Indoor air mercury concentrations following application of interior latex paint. *Arch Environ Contam Toxicol* 1991; 21(1): 62-4.
11. Website RIVM. Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. www.rivm.nl.
12. Website Nederlands Normalisatie Instituut. www.nen.nl.
13. HMO. Metingen concentraties Kwik in lucht bij het Gouvernement, Maastricht 2003. Bureau HMO, Provincie Limburg, Afdeling Handhaving en Monitoring. Maastricht, 2003.
14. Buijsman E. Assessment of air quality for arsenic, cadmium, mercury and nickel in the Netherlands. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 72999002. Bilthoven, 1999.
15. Andriessen JW. Kwik in het binnenmilieu. Afstudeerscriptie Van Hall Instituut Groningen. Groningen, 1995.
16. Lierop G van. *Persoonlijke mededeling naar aanleiding van casus in 2001 op een school in Eindhoven*. GGD Eindhoven. Juli 2006.
17. Schols E, Reijnders HFR. Briefrapport Kwik. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 20061078 IMD es. Bilthoven, 2006.
18. Putten, EM van. Briefrapport Vervolg kwik metingen. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 20061151 IMD emvp. Bilthoven, 2006.
19. Baughman TA. Elemental mercury spills. *Environ Health Perspect* 2006; 114(2): 147-52.
20. Garetano G, Gochfeld M, Stern AH. Comparison of Indoor Mercury Vapor in Common Areas of Residential Buildings with Outdoor Levels in a Community Where Mercury Is Used for Cultural Purposes. *Environ Health Perspect* 2006; 114(1): 59-62.
21. Winter-Sorkina R de, Bakker MI, Donkersgoed G van, Klaveren JD van. Dietary intake of heavy metals (cadmium, lead and mercury) by the Dutch population. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 320103001. Bilthoven, 2003.
22. Gezondheidsraad. Tandheelkundige restauratiematerialen. Gezondheidsraad rapportnr. 1998/09. Den Haag, 1998.
23. Website Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR). ToxFAQs Mercury. www.atsdr.cdc.gov.
24. Gezondheidsraad. Mercury and its compounds. Evaluation of the effects on reproduction, recommendation for classification. Gezondheidsraad rapportnr, 2000/05OSH. Den Haag, 2000.
25. Dusseldorp A, Bruggen M van, Douwes J, Janssen PJCM, Kelfkens G. Gezondheidskundige advieswaarden binnenmilieu. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 609021029/2004. Bilthoven, 2004.
26. Commission of the European Communities. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Community Strategy Concerning Mercury. Brussel, 2005.
27. Website Sociaal-Economische Raad (SER). MAC-waarden. www.ser.nl.
28. World Health Organization. Environmental Health Criteria 165 Inorganic Lead. International Programme on Chemical Safety. Genève, 1995.
29. Gezondheidsraad. Lood in drinkwater. Gezondheidsraad rapportnr. 1997/07. Den Haag, 1997.
30. Website Ministerie van VROM. Dossier Lood in drinkwater. www.vrom.nl.

31. Website EU Milieubeleid. 6.18 Lood in benzine. www.eu-milieubeleid.nl.
32. Alphen M van. Emission testing and inhalational exposure-based risk assessment for candles having Pb metal wick cores. *Sci Total Environ* 1999; 243-244: 53-65.
33. Klaver C. Oriënterend onderzoek naar loodgehalten in straatstof. Katholieke Universiteit Nijmegen. Nijmegen, 1994.
34. DCMR. Lucht in cijfers 2005. Luchtkwaliteit in het Rijnmondgebied. DCMR Milieudienst Rijnmond, Bureau Lucht. Schiedam, 2006.
35. Peeters E. Kinderlood. Onderzoek naar de loodconcentraties in bloed van Rotterdamse kinderen anno 2005 en de invloed hierop van lood in de bodem. GGD Rotterdam en omstreken. Rotterdam, 2006.
36. Canfield RL, et al. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter. *N Eng J Med* 2003; 348: 1517-26.
37. Lanphear BP et al. Cognitive deficits associated with blood lead concentrations <10 µg/dl in US children and adolescents. *Public Health Reports* 2000; 115: 521-9.
38. Selevan SG et al. Blood lead concentration and delayed puberty in girls. *N Eng J Med* 2003; 348: 1527-36.
39. Website Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR). ToxFAQs Lead. www.atsdr.cdc.gov.
40. Centers for Disease Control. Preventing lead poisoning in young children. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, CDC. Atlanta, 1991.
41. Website Voedingscentrum. Lood. www.voedingscentrum.nl.
42. Website Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Thema/Bouwmaterialen/Maatregelen. www.rijkswaterstaat.nl.
43. Website Ministerie van VROM. Dossier Cadmium. www.vrom.nl.
44. Website Voedingscentrum. Cadmium: bronnen en normen. www.voedingscentrum.nl.
45. World Health Organization. Environmental Health Criteria 134 Cadmium. International Programme on Chemical Safety. Genève, 1992.
46. Website Medische Milieukunde (MMK) België. www.mmk.be.
47. Rasmussen PE, Subramanian KS, Jessiman BJ. A multi-element profile of housedust in relation to exterior dust and soils in the city of Ottawa, Canada. *Sci Total Environ* 2001; 267(1-3): 125-40.
48. Website Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR). ToxFAQs Cadmium. www.atsdr.cdc.gov.
49. Ros JPM, Slooff W. Ontwerp basisdocument cadmium. RIVM-rapportnr. 758476002. Bilthoven, 1987.
50. Nawrot T et al. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. *Lancet Oncology*, DOI: 10.1016/S1470-2045(06)70545-9. Published online 2006 January 16, 2006.
51. Gezondheidsraad. Cadmium and its compounds. Evaluation of the effects on reproduction, recommendation for classification. Gezondheidsraad rapportnr. 2000/04OSH. Den Haag, 2000.
52. Commissie van de Europese Gemeenschappen. Voorstel voor een richtlijn van het Europees Parlement en de Raad betreffende arseen, cadmium, kwik, nikkel en polycyclische aromatische koolwaterstoffen in de lucht. COM(2003) 423 definitief; 2003/0164 (COD). Brussel, 2003.
53. Website Greenpeace. Organotinverbindingen. www.greenpeace.nl.
54. Janssen PJCM, Veen MP van, Speijers GJA. Health Risk Assessment for Organotins in Textiles. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapportnr. 613350002. Bilthoven, 2000.
55. Gaikema FJ, Alberts PJ. Gaschromatografische bepaling van residuen van organotinverbindingen in textielproducten. *De Ware(n) Chemicus* 1999; 29: 23-33.

56. Santillo D, Johnston P, Brigden K. The presence of brominated flame retardants and organotin compounds in dusts collected from Parliament buildings from eight countries. Greenpeace Research Laboratories. Technical note 03/2001. Exeter, UK, 2001.
57. Website The Ecology Center. http://www.ecocenter.org/releases/dust_rpt/Dust-Appendices.doc
58. Greenpeace. Hazardous Chemicals in Belgian House Dust. Report on chemical content in house dust samples collected in Belgian homes and offices. Brussel, 2004.
59. Centers for Disease Control. Acute effect of indoor exposure to paint containing bis(tributyltin) oxide – Wisconsin, 1991. *Morb Mortal Wkly Rep* 1991; 40(17): 280-1.
60. Website Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR). ToxFAQs Tin and Tin Compounds. www.atsdr.cdc.gov.
61. World Health Organization. Environmental Health Criteria 15 Tin and Organotin Compounds: A Preliminary Review. International Programme on Chemical Safety. Genève, 1980.
62. Klaassen CD, red. Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons. Fifth edition. The McGraw-Hill Companies, Inc. New York, USA, 1996.
63. Voedsel en Waren Autoriteit. Chemische veiligheid van scoubidou touwtjes. Gehalte en afgifte van ftalaten. Gehalte en afgifte van organotin. Bijlage VI. VWA rapportnr. Nd04o061/01. Groningen, 2004.
64. Website European Food Safety Authority. Tin. www.esfa.europa.eu.
65. Website Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Chemical sampling information, Tin, organic compounds. www.osha.gov.