

Kosten-effectieve beoordeling van blootstelling aan chroom- en arseen-zouten bij medewerkers van een houtimpregneerbedrijf

F. Jongeneelen¹

Samenvatting

Door een goede afweging te maken van de informatieve waarde van beschikbare persoonlijke meetmethoden voor blootstelling op de werkplek en door een optimale studieopzet te gebruiken, kan een kosten-effectieve aanpak worden bereikt. Een dergelijke benadering werd gevolgd in een houtimpregneerbedrijf, waar met anorganische arseen- en chroom (⁶⁺-zouten wordt gewerkt. Er wordt getoond dat aan de hand van slechts 12 urine-monsters eenduidig kon worden vastgesteld dat de werkplek voldoet aan de biologische grenswaarde.

Inleiding

De arbeidshygiënische dienstverlening wordt evenals de dienstverlening van arbodiensten meer en meer beoordeeld op kosten-effectiviteit. Steeds vaker wordt aangedrongen op een effectieve aanpak van een vraagstuk. De arbeidshygiëne is een jonge discipline. Er is tot nu toe nauwelijks aandacht besteed aan het ontwikkelen van kosten-effectieve arbeidshygiënische dienstverlening. Slechts bij het periodiek meten van de concentratie in de werkplekatmosfeer is er enige statistische theorievorming die gebruikt kan worden bij het optimaliseren van de meetinspanning. Een ander aspect van kosten-effectiviteit omvat een goede afweging van de informatieve waarde van de blootstellings-parameter in verhouding tot de te leveren meetinspanning. Hiervan wordt in dit artikel een praktisch voorbeeld gegeven.

Het betreft een houtimpregneerinrichting. Hout kan verduurzaamd worden door het te impregneren met metaalzouten (CCA-zouten). De werkzame stoffen in CCA-zouten zijn anorganische koper-, chroom- en arseen-verbindingen (Cu, Cr en As = CCA). Arseenzuur en chroom (⁶⁺)trioxide zijn ingrediënten van het impregneermiddel. Het zijn kanker-
verwekkende stoffen die op de szw-lijst staan (P 187, 1994).

In dit industriële impregneerbedrijf wordt het bestrijdingsmiddel als waterige oplossing in het hout geperst in gesloten stalen ketels. Op een lorry wordt de lading hout in de ketel gereden en deze wordt afgesloten. Tijdens het voor-vacuüm wordt de ketel gevuld met de impregneeroplossing en onder druk wordt het middel in circa 2 uur in het hout geperst. Na het wegnemen van de druk is er een rustperiode van 30 minuten. Na het slot-vacuüm van 45 minuten wordt de ketel geopend en de lorry naar buiten gereden.

Ondanks voorschriften voor arbeidshygiënische werkprocedures en persoonlijke beschermingsmiddelen is er bij het uitvoeren van de impregneer-behandeling blootstelling van werknemers mogelijk; de grondstoffen worden

Summary

By weighing the exploratory means of available personal monitoring methods to assess occupational exposure and using a proper study design, a cost-effective approach can be applied in assessing occupational exposure. An example of such a study design was used in a timber impregnating facility in which workers are handling anorganic arsenic and chromium (⁶⁺) salts. Using only 12 samples of urine, compliance to the biological exposure limit was demonstrated.

Trefwoorden: biologische monitoring, chroom, arseen, arbeidshygiëne, houtverduurzaming.

vanuit vaten overgebracht en gemengd. Tijdens het impregneerproces is de ketel gesloten, maar na de impregneerbehandeling bij het uitrijden van de lorry, bij het ont-
doen van de sjobanden en/of bij het verplaatsen van de lading met de heftruck is blootstelling en/of direct contact mogelijk. Verder staat er altijd een bepaalde voorraad geïmpregneerd hout op het erf. In principe is er blootstelling mogelijk door:

- Inademing van damp of aerosol van het impregneermiddel;
- Opname via de huid. Van de oplosbare Cr⁶⁺-verbindingen en arseenzuur is aangetoond dat zij door de huid kunnen dringen;
- Indirecte blootstelling kan plaats vinden doordat vervuild stof in de mond gebracht wordt (bijv. kauwgom eten, eten met vuile handen, roken met vuile handen etc.);

Impregneerbedrijven zijn kleine bedrijven waar de arbeidshygiënische know-how vaak ontbreekt. Het onderhavige bedrijf vervult een voortrekkersrol bij het verbeteren van de impregneerinrichting en -techniek uit oogpunt van milieubelasting en arbeidshygiëne. De vraagstelling van de bedrijfsleiding was: in welke mate is er sprake van blootstelling van werknemers aan CCA-zouten.

Dit werd vertaald naar de volgende doelstelling: stel een kosten-effectief onderzoeksplan op voor het vaststellen van blootstelling aan CCA-zouten van werknemers en voer dit uit.

Overwegingen en keuze van opzet van onderzoek

Chroom- en arseen-zouten zijn de meest gevaarlijke componenten van het impregneermiddel. Beide stoffen kunnen in de ademzone van de werknemers worden gemeten volgens NIOSH-, respectievelijk NVN-voorschrift en de concentratie kan getoetst worden aan de MAC-waarde. Een alternatieve manier van onderzoek is door urinemetingen. Aan de hand van de metingen van chroom en arseen in de urine wordt de *totale* dagelijkse opname vastgesteld. Opname via andere blootstellingsroutes dan inhalatie (bijvoorbeeld: inslikken van met handen in de mond gebracht stof, huidopname via verontreinigde werkkle-

1. IndusTox Consult, Nijmegen, tel. 024-3528842, fax 024-3540090, e-mail: F.Jongeneelen@inter.nl.net

ding) wordt met deze manier van meten meegenomen. In de literatuur zijn twee artikelen beschikbaar over biologische monitoring van Cr en/of As bij werknemers die blootstaan aan CCA-zouten, nl. werknemers van een impregneerbedrijf (Takahashi *et al.* 1983) en bij timmerlieden die met CCA-behandeld hout verwerken (Nygren *et al.* 1992). Deze artikelen tonen de waarde van dergelijke metingen.

Gezien de eenvoud van het inzamelen van urinemonsters t.o.v. de omslachtige en tijdrovende monsterneming van lucht en de lagere kosten voor het analyseren van urinemonsters in vergelijking met luchtmonsters, is het gebruik van biologische metingen in deze situatie goedkoper. Aangezien bovendien de dag-tot-dag variatie van de urine-concentratie kleiner is dan bij luchtonderzoek, geeft het resultaat van een éénmalig dwars-doorsnede onderzoek een beter beeld van de dagelijkse blootstelling. Daarnaast is de werkgever verplicht om bij het werken met kankerverwekkende stoffen de blootstelling van de werknemers te beoordelen én arbeidsgezondheidskundig onderzoek aan werknemers aan te bieden (zie P 187, Ministerie SZW, 1994). Met dit onderzoek kan een gerichte invulling worden gegeven aan het arbeidsgezondheidskundig onderzoek. Om al deze redenen is gekozen voor metingen in urine.

Het gaat om vier personen die in contact kunnen komen met CCA-zouten. Dit is een klein aantal. Door de urineconcentratie vast te stellen in een onderzoeksopzet waarbij zowel toename over de werkweek wordt vastgesteld als referentiemetingen bij controlepersonen, kunnen de concentraties van werknemers vergeleken worden met referentiewaarden. Deze opzet maakt een duidelijke uitspraak over de mate van blootstelling mogelijk.

Uitvoering

Aan het begin en aan het eind van een normale werkweek werden urinemonsters van alle medewerkers verzameld (4 personen, maandagochtend om 7:30 uur en vrijdagmiddag om 16:30 uur). In deze week werd een normale hoeveelheid hout geïmpregneerd.

Voorafgaand aan het vullen van de urinepotjes werden de handen gewassen om de kans op directe verontreiniging van urine te verkleinen.

Van een even grote referentiegroep van buurtbewoners, die *niet* wordt blootgesteld aan CCA-zouten, is één urinemonster per persoon gevraagd. In totaal werden (4 * 2) + 4 = 12 urinemonsters verzameld. In de urinemonsters zijn de volgende concentraties gemeten:

- (1) totaal-chroom;
- (2) de som van anorganisch arseen + monomethylarseenzuur (MMA) + dimethylarseenzuur (DMA);

(3) creatinine;

De concentraties van arseen en chroom zijn gecorrigeerd voor verdunning van urine door te delen door de concentratie creatinine in urine. De concentraties zijn daarom uitgedrukt als µg/g creatinine.

Alle deelnemers hebben een vragenlijst ingevuld met vragen over geslacht, leeftijd, roken, recente visconsumptie en werkzaamheden. De gegevens zijn opgenomen in tabel 1.

Resultaten

1. Arseen in urine

Het is bekend dat zee- en schaaldieren aanzienlijke concentraties organisch gebonden arseen bevatten. De consumptie van zee- of schaaldieren zou verstrend kunnen werken. Echter, organisch arseen wordt grotendeels onveranderd uitgescheiden. Aangezien opgenomen anorganische arseen-zouten (As³⁺ en As⁵⁺) deels als anorganisch arseen, deels als monomethylarseenzuur (MMA) en deels als dimethylarseenzuur (DMA) worden uitgescheiden, is de som van anorganisch arseen + MMA + DMA de meest geschikte indicator voor beroepsmatige opname van anorganisch arseen (Lauwerys & Hoet, 1993).

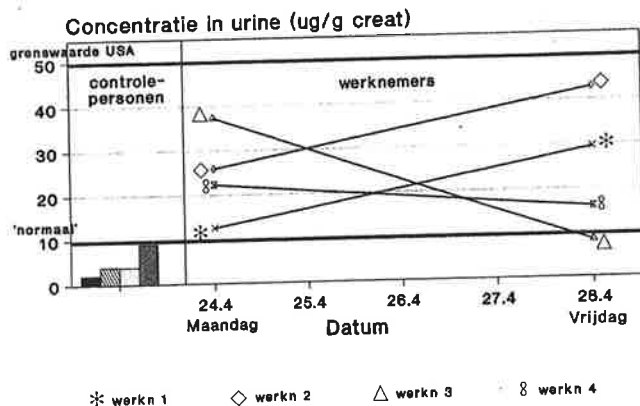
In figuur 1 zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven. De urineconcentraties van de controlepersonen liggen in het 'normaalgebied' (< 10 µg/g creatinine), terwijl de concentraties van de werknemers zowel op maandag als op vrijdag hoger zijn. De Amerikaanse biologische grenswaarde (biological exposure index) is 50 µg/g creatinine (ACGIH, 1991) en wordt *niet* overschreden. Deze biologische grenswaarde komt volgens de best beschikbare gegevens overeen met 0,05 mg/m³ arseen in de werkplekatmosfeer. De Nederlandse MAC-waarde van oplosbaar anorganisch arseen = 0,025 mg/m³, dit komt overeen met ca. 38 µg/g creatinine.

Het verloop van de urineconcentratie over de week is niet consistent; de twee werknemers die impregneer-werkzaamheden verrichten hebben beide een stijging van de urineconcentratie, de twee medewerkers met bureauwerkzaamheden laten een daling zien. Dit laatste is niet conform de verwachting. Bij navraag bleek dat de werknemers 3 en 4 op de zaterdag vóór de monsterneming een lading hout hadden geïmpregneerd en in de week van monsternaming uitsluitend bureauwerk hadden verricht. Urine van 89 medewerkers van acht CCA-impregneerbedrijven in Hawaii (USA) is onderzocht op arseen. De arseenconcentratie in urine bleek een factor 1,5 verhoogd (Takahashi *et al.* 1983). Er werd echter totaal-arseen gemeten, dit is een minder geschikte maat die sterk beïnvloed wordt door organisch arseen in de voeding. In een

Tabel 1. Gegevens van onderzochte personen.

Persoonscode	leeftijd	roken	laatste 3 dagen zeevis gegeten	functie	werkzaamheden op woensdag, donderdag en vrijdag
b11	49	ja	nee	-	-
b12	61	nee	nee	-	-
b13	51	ja	nee	-	-
b14	37	ja	nee	-	-
werknemer 1	33	ja	nee	medewerker	laden en lossen ketel
werknemer 2	23	ja	nee	medewerker	laden en lossen ketel + impregneermiddel aangemaakt
werknemer 3	54	nee	ja, net vóór onderzoek	medewerkster	bureauwerk
werknemer 4	55	ja	nee	directeur	bureauwerk

Arseen in urine



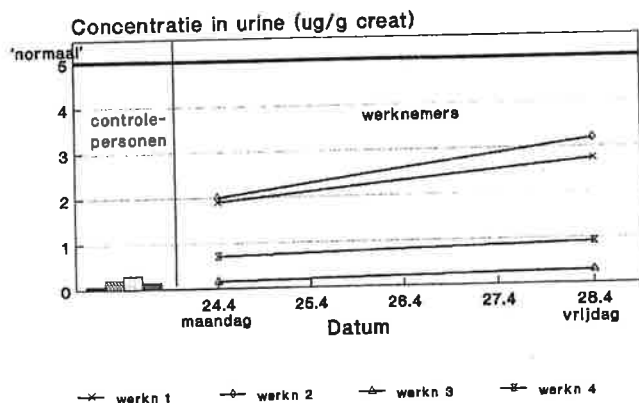
Figuur 1. Verloop van de concentratie arseen (som van anorganisch arseen, MMA en DMA) in urine van werknemers over de week en referentiewaarden van controlepersonen. De bovengrens van normaalwaarden en de Amerikaanse BEI zijn aangegeven.

recent onderzoek in Zweden werd bij medewerkers van timmerbedrijven die CCA-behandeld hout gebruiken, dezelfde metingen in urine gedaan bij 5 medewerkers. De concentraties arseen lagen tussen de 0,9 en 24,0 $\mu\text{g/g}$ creatinine (Nygren et al, 1992); dit is lager dan in het onderhavig onderzoek.

2. Chroom in urine

In alle urinemonsters bleken de concentraties chroom in het 'normaalgebied' te liggen (zie figuur 2). De medewerkers hebben hogere concentraties in urine dan de controlepersonen. Ook is bij alle medewerkers een toename in de loop van de week te zien. Het is duidelijk dat er sprake is van opname van chroom-verbindingen door werkzaamheden op het bedrijf. De chroom-zouten kunnen als Cr^{3+} (gefixeerd in hout) of Cr^{6+} (in oplossing) voorkomen. Het is bekend dat vooral blootstelling aan Cr^{6+} -zouten de concentratie in urine verhoogt. Cr^{3+} -zouten worden in mindere mate opgenomen, maar kunnen eveneens leiden tot een (minder sterke) verhoogde uitscheiding in urine. De metingen in urine geven dus geen antwoord op de vraag of het chroom afkomstig is van houtstof met Cr^{3+} , of van de chroomzuuroplossing met de veel giftiger Cr^{6+} -verbindingen.

Chroom in urine



Figuur 2. Verloop van de concentratie chroom in urine van werknemers over de week en referentiewaarden van controlepersonen. De bovengrens van normaalwaarden is aangegeven.

3. *Samenhang van concentratie chroom en arseen in urine*
Als er sprake is van een aanzienlijke opname van CCA-zouten door medewerkers, zal de concentratieverhoging van arseen samengaan met een verhoging van chroom in urine. Immers, het overgrote deel van de opgenomen dosis van arseen-zouten wordt binnen twee dagen na blootstelling uitgescheiden en voor chroomzouten is deze periode drie dagen. De samenhang is getoetst en is uitgedrukt als een rang-correlatiecoëfficiënt r . Bij $r = 1,0$ is er volledige samenhang en bij $r = 0,0$ is er helemaal geen samenhang. De rangcorrelatiecoëfficiënt r is 0,42 en is niet statistisch significant ($p = 0,15$).

Er is een trend, maar het aantal monsters is te klein ($n = 8$) om een significant positieve samenhang vast te stellen.

Conclusies

1. Er is aantoonbare opname van arseen- en chroom-zouten bij werknemers als gevolg van het werken op dit impregneerbedrijf. Er vindt echter nagenoeg geen overschrijding van grenswaarden plaats.
2. Aangezien het gaat om carcinogene stoffen zonder drempelwaarde-dosis, dienen de contactmogelijkheden in de impregneerinrichting geminimaliseerd te worden om de opname zo veel mogelijk te voorkomen. Na implementatie van maatregelen zal een herhalingsonderzoek uitgevoerd worden om de effectiviteit van de getroffen maatregelen te beoordelen.
3. Door vooraf een afweging te maken van de kenmerken en informatieve waarde van de blootstellingsparameters en kosten van metingen, bleek het mogelijk om aan de hand van een doordacht onderzoeksopzet inclusief referentiemetingen met weinig monsters een duidelijk en helder beeld te krijgen van de mate van blootstelling van de werknemers. Slechts 12 urinemonsters werden verzameld en geanalyseerd. Het onderzoek is informatief door duidelijke referentiepunten en door de beperkte tijdsinvestering kosten-effectief.

Literatuur

- Ministerie SoZaWe. Regeling wettelijke grenswaarden voor kankerverwekkende stoffen. Staatsblad 72, 14 april 1994, p. 13.
- Nygren, O., Nilsson, C.A., Lindahl, R. Occupational exposure to chromium, copper, and arsenic during work with impregnated wood in joinery shops. *Ann. Occup. Hyg.* 36, 509-517, (1992).
- Takahashi, W., Pfenniger, K., Wong, L. Urinary arsenic, chromium and copper levels in workers exposed to arsenic based wood preservatives. *Arch. Environ. Health* 38, 209-214, (1983).
- Lauwerys, R.R. en Hoet, P. Industrial chemical exposure; guidelines for biological monitoring. CRC Press, Boca Raton (FL) USA (1993).
- ACGIH. Documentation of TLV's and BEI's. 6th edition 1991. ACGIH, Cincinnati (Oh) USA.
- Ministerie SoZaWe. Werken met kankerverwekkende stoffen. P 187, 1994, SDU, Den Haag.