

Biomonitoring na een incident met gevaarlijke stoffen - Hoe pak je het aan en waar haal je de informatie vandaan?

Verslag van de bijeenkomst van de Contactgroep Gezondheid en Chemie (CGC) en de Nederlandse Vereniging voor Medische Milieukunde (NVMM) op 16 september 2010

Paul Scheepers¹

Inleiding

De bepaling van de inwendige blootstelling tijdens en na een incident met gevaarlijke stoffen kan van belang zijn voor beslissingen over medische behandeling van slachtoffers. Op groepsniveau kan biologische monitoring ook bijdragen aan het bepalen van het risico voor de volksgezondheid. De uitkomsten van deze vorm van blootstellingsonderzoek kunnen vaak ook een rol spelen bij gezondheidsonderzoek, dat soms tijdens de nazorgfase wordt uitgevoerd.

Een praktische reden om in het lichaam te zoeken naar sporen van blootstelling is dat stoffen vaak langer in het lichaam aanwezig zijn dan in de lucht op een incidentlocatie. Daarom kan het afnemen van lichaamsmaterialen zinvol zijn als in de omgeving weinig meer te meten is. Daarnaast is de inwendige blootstelling een optelsom van blootstelling die via verschillende routes plaatsvindt en het gevolg is van blootstelling afkomstig van verschillende bronnen. Dit maakt biomonitoring bij uitstek geschikt voor complexe blootstellingsituaties, zoals ongevallen en rampen waarbij mensen in contact komen met gevaarlijke stoffen.

Bij incidenten wordt nu vaak pas achteraf de vraag gesteld: hadden we bij dit incident niet biomonitoring toe kunnen passen? De beslissing om biomonitoring toe te passen moet kort na het incident en soms al tijdens het incident worden genomen. Gevallen waarbij lichaamsmaterialen al binnen een paar uur na blootstelling werden verzameld zijn tot op heden vrij zeldzaam.

De ervaringen zijn dat het lastig is snel tot een afweging te komen over de meerwaarde van biomonitoring in een specifieke situatie. Als de beslissing op basis van inhoudelijke overwegingen al genomen kan worden, zijn er daarna nog organisatorische en technische hordes die moeten worden genomen.

Tijdens de bijeenkomst werden verschillende theoretische en praktische aspecten van de toepassing van biologische monitoring na chemische incidenten belicht. Deze zullen in dit verslag achtereenvolgens worden besproken.

Richtlijn voor toepassing van biomonitoring na een incident met gevaarlijke stoffen

Dr. Martin Eggens, toxicoloog en gezondheidskundig adviseur gevaarlijke stoffen (GAGS) bij Hulpverlening Groningen, is betrokken bij het opstellen van een GGD-richtlijn medische milieukunde "Biomonitoring bij klein-

schalige (chemische) incidenten". Deze richtlijn wordt naar verwachting over een half jaar opgeleverd. Dr. Eggens legt uit dat de richtlijn vooral bedoeld is voor de GAGS die in de acute fase van het incident betrokken is en die dan al een afweging kan maken over de toegevoegde waarde van biologische monitoring. In de nazorgfase is de medisch milieukundige betrokken als het gaat om blootgestelden uit de algemene bevolking, en de bedrijfsarts als het gaat om werknemers. In deze fase gaat het voornamelijk over de uitvoering van een biomonitoring programma.

Uit een inventarisatie onder GAGS is geschat dat van de 53 incidenten in de afgelopen vijf jaar, waarbij biomonitoring overwogen had kunnen worden, slechts bij twee incidenten daadwerkelijk gebruik is gemaakt van de mogelijkheid biomonitoring toe te passen. Bij 12 van de incidenten ging het om blootstelling die volgde op een bedrijfsongeval.

Om te kunnen bepalen of inzet van biomonitoring bij een bepaald incident meerwaarde zou kunnen hebben, wordt vooral gekeken naar het doel van het inzetten van een dergelijk middel. Het belangrijkste doel is het verbeteren van de individuele medische zorgverlening. Daarvoor is het van belang te weten welke stoffen zijn opgenomen en in welke mate. Vooral in situaties waarbij huid en kleding besmet zijn, is het soms moeilijk de opname te beoordelen, vooral omdat symptomen van intoxicatie zich dan niet of pas met vertraging openbaren. Soms is het ook mogelijk het effect van de opname te onderzoeken, bijvoorbeeld door meting van het gehalte carboxyhemoglobine (COHb) in het bloed van een slachtoffer waarbij het vermoeden bestaat van inademing van koolmonoxide. Hierop kan de behandeling in het ziekenhuis worden afgestemd. Bij een mogelijke vergiftiging met carbamaat of OP-esters kan het nuttig zijn om de activiteit van het enzym acetylcholinesterase te bepalen, zodat bij ernstige remming van deze enzymactiviteit toediening van een tegengif kan worden overwogen. Soms zijn er (aanvullend) ook andere doelstellingen, zoals het informeren van de slachtoffers over de gevolgen van het incident in termen van blootstelling (risico-communicatie) of het onderzoeken van de relatie tussen de blootstelling en de effecten van die blootstelling (onderzoek). Als biomonitoring wordt uitgevoerd zonder dat het belang van optimale zorgverlening voor het individuele slachtoffer is gediend, is biomonitoring niet toegestaan zonder medisch-ethische toetsing.

¹Afdeling Epidemiologie, Biostatistiek en HTA, UMC St Radboud, Nijmegen

Uitvoering van biomonitoring in de praktijk (dr. Martin Eggens, Hulpverlening Groningen)

De belemmeringen die er nu zijn voor het gebruik van biomonitoring liggen op dit moment vooral bij de uitvoering (welke buisjes heb ik nodig, wanneer kan ik de monsters het beste afnemen en waar kan ik de monsters laten analyseren?) en de interpretatie van de uitkomsten (wat zijn geschikte referentiewaarden voor werknemers en voor de algemene bevolking?). Met de richtlijn hoopt de werkgroep een aantal van de praktische belemmeringen weg te nemen. Zo is er een stappenplan opgesteld dat gevolgd kan worden om te bepalen of biomonitoring, op een bepaald moment nadat het incident heeft plaatsgevonden, nog kan worden ingezet (zie hieronder). Er is een lijst opgesteld van stoffen met de bijbehorende biomarkers en biologische grenswaarden die zijn afgeleid voor werknemers.

Er zijn grenswaarden voor biomarkers van 113 stoffen (Boogaard, 2009). Deze grenswaarden zijn bedoeld voor werknemers die 40 uur per week en 40 jaar van hun leven zijn blootgesteld aan deze stoffen in lage concentraties. Deze grenswaarden zijn daarom moeilijk te gebruiken bij incidenten omdat er dan ook kinderen, ouderen en zieken blootgesteld kunnen zijn. Ook is de blootstelling bij de meeste incidenten veel hoger en duurt vaak korter. Er is ook gewerkt aan het concept van de Biological Application Data Sheet (BADs). Dit is een stofdocument waarop alle relevante informatie rond de uitvoering van biomonitoring voor een bepaalde stof is weergegeven. In het kader van het Europese project BIOMONECS zijn er al voor zes stoffen BADs opgesteld (zie www.biomonecs.de). In een pilot studie uitgevoerd door het UMC St Radboud in opdracht van het RIVM zijn 15 Nederlandstalige datasheets ontwikkeld naar het voorbeeld van de BADs (Tabel 1). Deze datasheets zijn nog niet in het publieke domein beschikbaar. Het zou wenselijk zijn dat deze informatie via de website van het RIVM beschikbaar komt.

Ook zal een standaardtekst voor een toestemmingsverklaring (informed consent) worden opgenomen en een vragenlijst voor contextuele informatie die kan worden voorgelegd aan slachtoffers.

Tabel 1: Overzicht van stoffen waarvoor profielen zijn opgesteld die informatie bevatten die nuttig is bij het uitvoeren van biomonitoring studies.

Biological Monitoring Application Datasheets (Engels)

Acrylamide
Arsenicum
Benzeen
Cadmium
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
Xyleen-isomeren

Stofprofielen (Nederlands)

Acroleine

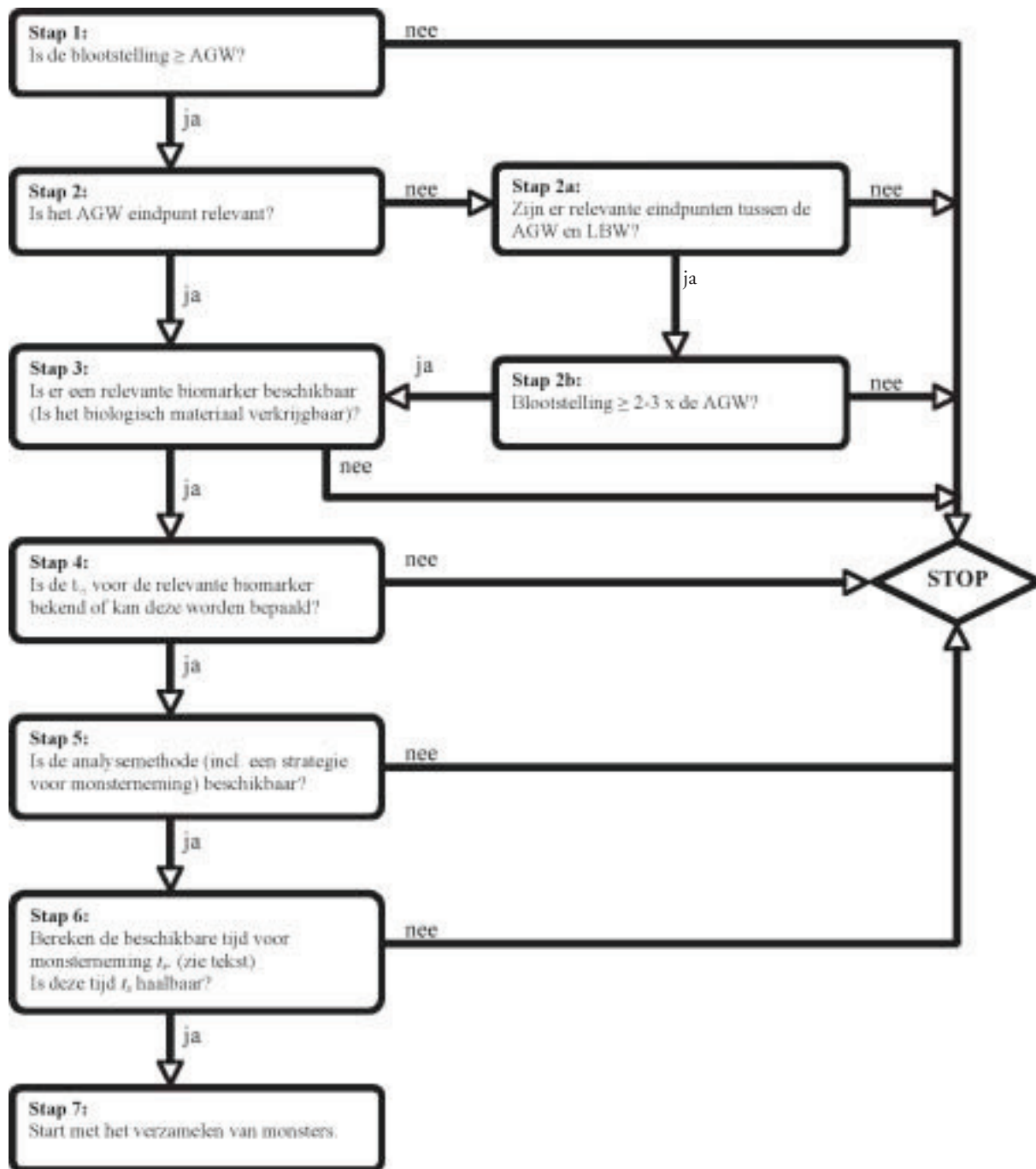
Acrylnitril
Arseen en arsine
Benzeen en benzine
Cadmium
Chroomtrioxide en chroom(VI)zuur
Dioxine
Ethyleenoxide
Methylbromide
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen
Tolueen
Styreen
Waterstofcyanide en natriumcyanide
Waterstof fluoride
Meta-, para- en ortho-xyleen

Beslisschema (dr. Peter Bos, RIVM)

Als de inzet van biologische monitoring nuttig wordt geacht, is de volgende vraag of er bij het incident zo veel van de stof is vrijgekomen dat de concentratie achteraf in het lichaam kan worden gemeten, gezien de eliminatiesnelheid en de gevoeligheid van de analyse, en binnen welke tijdsperiode na het incident monsters van lichaamsmaterialen moeten worden genomen om de biomarker aan te kunnen tonen. Om snel tot een gewogen oordeel over de inzet van biomonitoring te kunnen komen is door het RIVM in samenwerking met het UMC St Radboud een beslisschema ontwikkeld (zie Figuur 1, Scheepers et al., 2010).

Ir. Peter Bos, Senior Beoordelaar bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) neemt het stappenplan door. De informatie die nodig is om het beslisschema te kunnen doorlopen bestaat uit (a) informatie waaruit kan worden afgeleid of de blootstelling zo hoog is dat nadelige gezondheidseffecten te verwachten zijn (bijvoorbeeld gemeten concentraties); (b) informatie over de kinetiek van de stof, met name de halfwaardetijd van eliminatie; (c) informatie over de analysemethode waarmee de biomarker wordt bepaald en informatie over de bepalinglimiet in relatie tot niveaus die als achtergrond zijn te verwachten.

Het beslisschema gaat bij stap 1 uit van vergelijking van het blootstellingsniveau met een Rampeninterventiewaarde of een vergelijkbare toetsingswaarde. Op dit moment bestaan dergelijke toetswaarden alleen voor inhalatoire blootstelling. Als opname via de dermale route plaatsvindt of als gevolg van een combinatie van verschillende opnameroutes, zal er ook een knoop moeten worden doorgehaakt op basis van of informatie over symptomen waaruit de ernst van een intoxicatie blijkt. Als toetsingswaarde wordt meestal de alarmeringsgrenswaarde (AGW) gebruikt die de concentratie aangeeft waarbij de aard van gezondheidseffecten overgaat van 'discomfort' naar 'disability' (zie Figuur 2). Biomonitoring zou kunnen worden overwogen als de AGW is overschreden (stap 1), dus als in redelijke mate kan worden verwacht dat de blootstelling aanleiding kan geven tot relevante, irreversibele nadelige gezondheidseffecten (stap 2).



Figuur 1: Beslisschema ten behoeve van het maken van een afweging of en wanneer lichaamsmaterialen ten behoeve van analyse kunnen worden verzameld, volgend op een chemisch incident (Scheepers et al., 2009).

Figuur 2: Filosofie van interventiewaarden volgens de vier "D"- niveaus (conform de AEGL systematiek van de USEPA).

Death	3. Levensbedreigende waarde (LBW)
Disability	2. Alarmeringsgrenswaarde (AGW)
Discomfort	1. Voorlichtingsrichtwaarde (VRW)
Detectability	

Voor stoffen met een lokale werking ligt het toepassen van biomonitoring niet voor de hand. Dan is het van belang na te gaan of ook systemische effecten kunnen optreden bij blootstellingen ruim boven de AGW (stap 2a, zie ook Figuur 2). Hierbij kan als vuistregel worden gehanteerd dat bij een blootstelling van 2-3 keer het niveau van de AGW, biomonitoring alsnog kan worden overwogen (Stap 2b). Voor stap 3 is informatie nodig over de biomarkers die voor blootstelling aan een bepaalde stof beschikbaar zijn. Deze informatie is op dit moment nog niet uit databestanden of handboeken te halen, maar zou in de toekomst kun-

nen worden verzameld in stofdocumenten (zie hieronder). Bij stap 4 is informatie over de toxicokinetiek nodig, met name de (terminale) halfwaardetijd, die beschrijft hoe snel een stof uit het lichaam verdwijnt. Voor stap 5 is het nodig te verifiëren of de in het stofdocument beschreven analyse beschikbaar is en informatie over de actuele bepalingsgrens kan dan worden verkregen bij het laboratorium. In stap 6 wordt uitgerekend wat de uiterste termijn is waarop de lichaamsmaterialen moeten worden verkregen om een analyse van de biomarker zinvol te maken. Hiervoor is een eenvoudige formule afgeleid (Scheepers et al., 2010). Voorwaarde is dat de biomarker detecteerbaar is, dat wil zeggen dat:

Dan is:

$$C_t \geq LOQ$$

Hieruit volgt:

$$C_t = \frac{C_e}{2^{(t/t_{1/2})}}$$

Hierin is:

$$t_s = \frac{t_{1/2}}{0,30} \log\left(\frac{C_e}{LOQ}\right)$$

- t_s = tijd die beschikbaar voor het verzamelen van het lichaamsmateriaal (gerekend vanaf het eind van het incident)
- C_t = concentratie bij de uiterste termijn waarop nog lichaamsmateriaal verzameld kan worden
- $t^{1/2}$ = terminale eliminatiesnelheid
- C_e = concentratie van de biomarker aan het eind van de blootstelling
- LOQ = limit of quantification (kan worden vervangen door de achtergrondwaarde van de biomarker)

Mogelijkheden voor het gebruik van ademluchtanalyse (dr. ir. Paul Scheepers, UMC St Radboud)

Een weinig belastende techniek voor het onderzoeken van inwendige opname is het verzamelen van ademlucht. Deze methode is al bekend van het gebruik van instrumenten waarmee ademlucht van brandweerlieden wordt gemeten. Om te verifiëren of specifieke klachten zoals hoofdpijn en duizeligheid verband kunnen houden met een blootstelling aan koolmonoxide, wordt de ademlucht van hulpverleners in Duitsland en Engeland op locatie gemeten. Vluchtige organische koolwaterstoffen (VOS) kunnen met ademlucht worden bemonsterd met een klein eenvoudige kunststof houder (de BioVOC) die in Engeland is ontwikkeld en op de markt wordt gebracht (Dyne et al., 1997). Met dit systeem kan ook bij kinderen gemakkelijk ademlucht worden verzameld. Na monsterneming wordt de ademlucht meteen overgebracht op een adsorbens. De meeste ervaring is opgedaan met buizen gevuld met de kunststof Tenax. Eenmaal overgebracht op dit adsorptiemateriaal, kunnen de monsters langdurig bewaard worden, mits goed verpakt om contaminatie uit de omgeving te voorkomen (sealen in een kunststof zak is afdoende). Om de bewaarcondities te borgen is het verstandig om een blanco adsorptiebuis onder dezelfde omstandigheden op te

slaan.

Met gas chromatografie massa spectrometrie (GC-MS) kan vrij gemakkelijk inwendige blootstelling aan verschillende stoffen gelijktijdig worden vastgesteld (screening). Voorwaarde is wel dat de stoffen enigszins vluchtig zijn (dampspanning van 100 Pa of hoger) en na opname niet (volledig) worden gemetaboliseerd. Als de concentratie in de ademlucht gekwantificeerd kan worden, kan hieruit de concentratie in verschillende weefsels worden geschat. Hiervoor wordt een physiology-based toxicokinetic (PBTK) model gebruikt dat voor veel industriechemicaliën beschikbaar is. Uit een afname van de concentratie in de tijd, kan worden afgeleid of er een recente piekblootstelling heeft plaatsgevonden, bijvoorbeeld tijdens het incident. Na incidenten wordt ook wel eens een toename gezien, hetgeen kan duiden op een blootstelling die primair via de huid plaatsvindt, wat een relatief langzame opname tot gevolg heeft. Voor het terugschatten van de blootstelling tijdens het incident kan een serie van 3-4 ademluchtmonsters gebruikt worden. Afhankelijk van de eliminatiesnelheid kunnen deze monsters het beste worden genomen op de incidentlocatie of later in het ziekenhuis. Als de milieuongevallendienst (MOD) is betrokken, kan een eerste screening zelfs op locatie plaatsvinden, omdat het RIVM in het nieuwe mobiele laboratorium beschikt over de apparatuur die geschikt is voor het analyseren van Tenax-buizen, ten behoeve van screeningsdoeleinden. Een monster kan tijdens de analyse worden gesplitst, waardoor een deel van het monster bewaard kan blijven voor een kwantitatieve analyse in het laboratorium.

Voor implementatie van ademlucht is het noodzakelijk dat de BioVOC houders waarin de ademlucht kan worden opgevangen op de locatie van het incident of in het ziekenhuis aanwezig zijn en dat hulpverleners geïnstrueerd worden in het gebruik ervan.

Deze methode van biologische monitoring is bij lang niet alle incidenten toepasbaar. Hoewel de ademweerstand laag is zullen niet alle slachtoffers in staat zijn om uit te ademen in een BioVOC houder. Problemen zijn te verwachten bij een verminderd bewustzijn of als de hogere luchtwegen zijn geïrriteerd of als benauwdheid optreedt.

Beschikbaarheid van informatie in stofdocumenten (Nelleke Jeurissen, UMC St Radboud)

Nelleke Jeurissen, student biomedische wetenschappen bij UMC St Radboud, heeft aan verschillende GAGS en enkele bedrijfsartsen een vragenlijst voorgelegd om informatie te verzamelen over de mogelijkheid dat biomonitoring in de praktijk daadwerkelijk zal worden toegepast. De belangrijkste beperking ligt op dit moment bij de beschikbaarheid van informatie zoals de hierboven genoemde specifieke informatie over de mogelijkheden van biomonitoring bij een specifieke blootstelling. De vraag is voor welke stoffen deze stofdocumenten beschikbaar moeten komen, welke informatie de documenten moeten bevatten en hoe ze beschikbaar worden gesteld. Uit de top 25 van stoffen die de GAGS in de praktijk het meeste tegenkomen, zijn voor 23 stoffen biomonitoringmethodes beschikbaar.

Voor het opstellen van de stofprofielen zou het praktisch zijn uit te gaan van alle stoffen waarvoor biologische grenswaarden beschikbaar zijn. De informatie die volgens de GAGS in deze stofdocumenten moet worden opgenomen is voor een groot deel al beschikbaar in databanken (secundaire bronnen). Voor details en voor meer recente updates moeten soms primaire bronnen (gepubliceerde studies) worden geraadpleegd. Voor het opstellen van vier prototype stofdocumenten (voor acrylnitril, benzeen, arseen, en voor chroom en chroomverbindingen) werd per document ongeveer een werkdag besteed aan het raadplegen van secundaire bronnen.

Als deze stofinformatie centraal aangemaakt wordt, heeft de beschikbaarheid via internet de voorkeur. Behalve GAGS en medisch milieukundigen zouden ook bedrijfsartsen, medewerkers van de milieu-ongevallendienst van het RIVM (MOD) en van het Nationaal Vergiftigingen Informatiecentrum (NVIC) toegang moeten hebben tot deze informatie.

Nazorg bij bedrijfsongevallen (Steffanie de Wit, UMC St Radboud)

Over de inzet van biologische monitoring na bedrijfsongevallen heeft Steffanie de Wit, student biomedische wetenschappen bij UMC St Radboud, een onderzoek gedaan. Daartoe heeft zij 13 bedrijfsartsen en 9 GAGS geïnterviewd. De centrale vraag in haar onderzoek was hoe de overdracht van de GAGS (acute fase) naar de bedrijfsarts (nazorgfase) kan worden gerealiseerd. Er lijken twee problemen te zijn: de bedrijfsarts zelf heeft meestal weinig ervaring met chemische incidenten en biologische monitoring. Een tweede probleem is dat bedrijfsartsen niet goed op de hoogte zijn van de taken van de GAGS. Soms kan een bedrijfsarts terecht bij een arbeidshygiënist die wel over deze kennis en ervaring beschikt, maar in veel gevallen is de arbodienstverlening niet goed voorbereid om al tijdens een incident snel in actie te komen.

Wettelijk gezien is de bedrijfsarts verantwoordelijk voor de nazorg van werknemers die waren betrokken een chemisch incident. Soms loopt er vanuit het bedrijf of de arbodienst ook al een vorm van periodiek medisch onderzoek, waarvan biologische monitoring deel uitmaakt. De bedrijfsarts beschikt dan mogelijk over uitslagen van eerder uitgevoerde analyses van lichaamswefsels, waaruit de achtergrondblootstelling is af te leiden. De werknemers hebben vaak gemakkelijk toegang tot de bedrijfsarts via een spreekuur, zodat de informatievoorziening naar de werknemers toe goed geregeld is. Bedrijfsartsen die ooit betrokken waren bij de afhandeling van een bedrijfsongeval waarbij een GAGS was betrokken, zijn daardoor overtuigd geraakt van de noodzaak tot afstemming, zodat de acute zorg vloeiend over gaat in de nazorg. Maar bedrijfsartsen die uit eigen ervaring spreken zijn er niet veel. In de basisopleiding van bedrijfsartsen wordt weinig aandacht meer gegeven aan toxicologie. Het zijn vaak de bedrijfsartsen die voor chemische bedrijven werken die op dit gebied nascholing hebben gevolgd. Voor die artsen zou het wenselijk zijn dat zij toegang krijgen tot de stofdocumenten. Verder zou het goed

zijn als de GAGS presentaties geven op de bedrijfsgeneeskundige dagen, om meer bekendheid te geven aan hun rol bij chemische incidenten.

Discussie

Binnen de werkgroep die de richtlijn ontwikkelt is er veel discussie geweest over de afbakening. Is de richtlijn alleen gericht op de algemene bevolking? Wat is de positie van hulpverleners die tijdens een incident mogelijk in contact komen met gevaarlijke stoffen? Is de richtlijn ook bruikbaar bij incidenten die zich afspelen op de werkplek? Veel hangt af van de wijze waarop een incident gemeld wordt. De werkgroep is voorstander van een breed toepassingsgebied. Je kunt een slachtoffer niet vragen of er sprake is van een arbeidsrechtelijke verhouding, voordat je begint met de hulpverlening. Wel is duidelijk dat bij de verlening van zorg de functionaris die eindverantwoordelijk is voor de medische zorgverlening, zo snel mogelijk wordt bereikt. In het geval van een bedrijfsongeval is dit een verantwoordelijkheid van de werkgever. Dit betekent dat de GAGS contact opneemt met de werkgever en informatie rond het incident zo snel mogelijk overdraagt aan de juiste zorgverlener. Als het bedrijf een contract heeft met een arbodienst kan de GAGS daartoe contact opnemen met de bedrijfsarts. Als de werkgever dit niet heeft geregeld moet de GAGS zich voor de overdracht wenden tot de huisarts. De richtlijn is bedoeld voor kleinschalige incidenten die op regionaal niveau kunnen worden afgehandeld.

Gemakshalve wordt een grens tot 10 slachtoffers gehanteerd. Dit is een arbitraire grens en (anders dan bij het protocol voor het decontamineren van slachtoffers) zijn er niet onmiddellijk operationele randvoorwaarden voor het hanteren van zo'n grens. In de praktijk zal de richtlijn soms ook toegepast worden als er meer dan 10 slachtoffers zijn. Anderszins zal in een zeer complexe situatie ook bij een aantal slachtoffers kleiner dan 10, extern advies worden ingewonnen. Een dergelijk verzoek kan worden voorgelegd aan een groep van adviseurs die via het RIVM kan worden ingeschakeld (expertgroep) en binnen 24 uur resulteert een onderbouwd advies om wel of geen biomonitoring-studie in gang te zetten.

Er zijn verschillende motieven voor het toepassen van biomonitoring bij een incident met gevaarlijke stoffen. Biomonitoring kan van belang zijn voor de individuele zorg. In de acute fase is het individuele zorgdoel vaak leidend. Metingen van de inwendige dosis kunnen bijdragen aan een goede hulpverlening in het ziekenhuis. De behandelend arts zal in dat geval de beslissing nemen om lichaamsmateriaal te verzamelen. Het betrekken van een niet-blootgestelde controlepersonen bij de biomonitoring campagne is niet mogelijk zonder voorafgaande toestemming door een medisch-ethische commissie, omdat het verzamelen van lichaamsmaterialen bij gezonde personen niet bijdraagt aan de optimale individuele zorgverlening (voor die personen). Als een dergelijke uitbreiding van de onderzoeksgroep voor de kwaliteit van de biomonitoring campagne noodzakelijk is, kost het verkrijgen van goedkeuring

enige tijd. Door eerst het stappenplan te doorlopen, kan een inschatting worden gemaakt hoeveel tijd beschikbaar is voor het verzamelen van lichaamsmaterialen. De procedure voor medisch-ethische toetsing kan, aan de hand van deze onderbouwde schatting van de beschikbare tijd, versneld worden doorlopen.

Naast optimale individuele zorgverlening kunnen ook andere motieven een rol gaan spelen. Biomonitoring kan van maatschappelijk belang zijn, bijvoorbeeld als het publiek vragen heeft over de mogelijkheid dat omwonenden tijdens een incident stoffen hebben binnengekregen en zich afvragen of hiermee een verhoogd gezondheidsrisico gemoeid is. Biomonitoring kan ook uitgevoerd worden in het kader van wetenschappelijk onderzoek. Als andere motieven dan het individuele zorgdoel een rol spelen, moet er steeds vooraf toestemming worden gegeven door de commissie mensgebonden onderzoek. Ook als een studie begint met het doel optimale zorg te verlenen, maar er daarna een controlegroep wordt toegevoegd, is deze medisch-ethische toetsing nodig.

Dankwoord

De auteur is dank verschuldigd aan de sprekers die dit verslag hebben gelezen en voorstellen hebben gedaan voor verbetering/verduidelijking van de tekst.

Literatuur

Boogaard P.J. (2009). Biomonitoring of the workplace and environment. In: Ballantyne B, Marrs T, Syversen T (eds) *General and Applied Toxicology*, 3rd edition, John Wiley and Sons, Chisester, UK., pp 2759-2790

Dyne D., Cocker J., Wilson H.K. (1997). A novel device for capturing breath samples for solvent analysis. *Sci Tot Environ* 199:83-89

Scheepers P.T.J., Bos P.M.J., Konings J., Janssen N.A.H., Grievink L. (2010). Application of biological monitoring for exposure assessment following chemical incidents. A procedure for decision-making. *J Expo Sci Environ Epidemiol* (Advance Online Publication, March 24, 2010)