

*NVIC document*

# *Eigen veiligheid in perspectief*

*Secundaire blootstelling van medische hulpverleners,  
persoonlijke beschermingsmiddelen  
en uitwendige decontaminatie*

*Versie december 2022*



UMC Utrecht  
**Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum**

Contactgegevens:

Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum (NVIC)  
Divisie Vitale Functies  
Universitair Medisch Centrum Utrecht  
Huispostnummer B.00.118  
Postbus 85500  
3508 GA Utrecht

Tel: 088-755 8561

Fax: 088-755 5677

[nvic@umcutrecht.nl](mailto:nvic@umcutrecht.nl)

[www.vergiftigingen.info](http://www.vergiftigingen.info)

<https://nvic.umcutrecht.nl/>

Contactpersoon: Ronald de Groot

Voor het kritisch lezen van dit document en het aandragen van waardevolle verbeteringen en aanvullingen gaat onze dank uit naar:

- Frans Greven, toxicoloog (ERT), gezondheidkundig adviseur gevaarlijke stoffen (GAGS) - GGD Groningen.
- Henk Jans, arts (maatschappij + gezondheid, profiel medische milieukunde), (bio)chemicus, gezondheidkundig adviseur gevaarlijke stoffen (GAGS).
- Ingrid Links, milieugezondheidskundige, toxicoloog (ERT), gezondheidkundig adviseur gevaarlijke stoffen (GAGS) - GGD Gelderland-Zuid.
- Nora van Gaal, arts in opleiding tot specialist (maatschappij + gezondheid, profiel medische milieukunde).
- Rik van de Weerd, arts (maatschappij + gezondheid, profiel medische milieukunde), toxicoloog (ERT), gezondheidkundig adviseur gevaarlijke stoffen (GAGS) - GGD'en Gelderland & Overijssel.

© UMC Utrecht 2022

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: NVIC document: Eigen veiligheid in perspectief, Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum, Universitair Medisch Centrum Utrecht, 2022. URL: <https://nvic.umcutrecht.nl/nl/downloads>

# Samenvatting

Bezorgdheid van ambulance- en ziekenhuispersoneel over hun eigen veiligheid tijdens behandeling of decontaminatie van een chemisch besmette patiënt neemt de laatste jaren toe. Angst kan leiden tot uitstel van levensreddende zorg of tot het grootschalig ontruimen van een spoedeisende hulp. Dit document geeft informatie over het risico van secundaire blootstelling voor hulpverleners als een patiënt besmet is met een chemische of radioactieve stof, over welke persoonlijke beschermingsmiddelen wanneer nodig zijn, over de procedure van uitwendige decontaminatie en over de voorbereiding van ziekenhuizen op ontvangst van dergelijke patiënten.

De belangrijkste boodschap is dat een chemisch of radioactief besmette patiënt GEEN groot gevaar is voor medische hulpverleners. In uitzonderlijke omstandigheden zijn milde en reversibele gezondheidseffecten gemeld. Eenvoudige beschermingsmaatregelen kunnen blootstelling aan gevaarlijke stoffen grotendeels voorkomen. Het beperkte risico voor de hulpverlener door secundaire blootstelling is geen reden om levensreddende zorg uit te stellen.

## Uitwendige decontaminatie

Wanneer een gevaarlijke stof na een incident op de kleding of de huid van een slachtoffer terecht is gekomen, is het belangrijk deze stof adequaat te verwijderen om blootstelling van de patiënt te stoppen en verdere verspreiding van de besmetting naar hulpverleners en omgeving te voorkomen.

### Chemische stoffen

Decontaminatie is nuttig bij besmetting met een vaste stof of een vloeistof, waarbij dit laatste ook kan plaatsvinden door condensatie van damp op de kleding of de huid. Bij blootstelling van een slachtoffer aan gassen heeft decontaminatie geen of zeer beperkt nut omdat gassen niet of slechts in geringe hoeveelheden in de kleding van de patiënt worden meegedragen. In geval van huid- en/of slijmvliesklachten door bijv. blootstelling aan goed in water (slijmvliesvocht/transpiratie) oplosbare irriterende gassen zoals chloorgas, kan spoelen van de ogen of aangedane huid nodig zijn.

De meest geschikte decontaminatieprocedure hangt af van de aard van de betrokken stoffen (vloeistof/vast), de uitgebreidheid van de besmetting, de medische toestand van de patiënt(en) en het aantal te decontamineren slachtoffers. Bij een enkele patiënt met een gedeeltelijke besmetting van het lichaam wordt het bijvoorbeeld afgeraden om de procedure voor 'grootschalige decontaminatie' op te starten; direct spoelen onder de dichtstbijzijnde kraan is dan het meest praktisch. Dit voorkomt vertraging en hierdoor verergering van lokale klachten (bijv. bij blootstelling aan een bijtende stof) en verdere opname door de huid. Bij grote aantallen slachtoffers en onvoldoende capaciteit kunnen ambulante patiënten zelf douchen (met goede instructies). Niet-ambulante slachtoffers worden liggend op een brancard door hulpverleners gedecontamineerd.

Bij uitwendige decontaminatie wordt onderscheid gemaakt tussen droge en natte decontaminatie. Bij droge decontaminatie wordt de kleding verwijderd en hiermee 70-90% van de uitwendige besmetting. Het is belangrijk om dit voorzichtig te doen om verspreiding van de betrokken stof te voorkomen (o.a. kleding openknippen in plaats van over het hoofd uittrekken). Eventueel aanwezig los poeder of deeltjes kunnen voorzichtig van de huid worden verwijderd met vochtige (baby)doekjes, gaas, (hand)doek of eventueel een pincet. Vervolgens zal natte decontaminatie worden uitgevoerd waarbij met ruim lauwwarm water de (rest)besmetting van de huid wordt gespoeld. Dit kan door schoonspoelen van een besmette extremiteit of door volledig douchen.

Water is altijd het spoelmiddel van eerste keus. Ook bij stoffen die exotherm reageren met water (vrijkomen van warmte), omdat bij overvloedig spoelen geen problemen te verwachten zijn. Voor slecht in water oplosbare stoffen kan een milde zeep worden gebruikt. In geen geval moet ruim spoelen met lauwwarm water worden uitgesteld indien een alternatief spoelmiddel (bijv. polyethyleenglycol voor stoffen die slecht oplosbaar zijn in water) niet direct voorhanden is. Oplosmiddelen (aceton/terpentine) of 'neutraliserende' verbindingen (bijv. een zuur in geval van een alkalische besmetting of andersom) worden niet aangeraden omdat dit lokale schade kan verergeren.

### Radioactieve stoffen

Na een uitgebreide radioactieve besmetting of in geval van grote groepen radioactief besmette slachtoffers waarbij volledige decontaminatie nodig is, kan de decontaminatieprocedure gelijk zijn aan de procedure bij een chemische besmetting.

Een voordeel bij radioactieve besmetting is dat (de mate van) besmetting kan worden gemeten met een stralingsmonitor. Als na decontaminatie de controlemeting een restbesmetting aantoont kan decontaminatie worden herhaald (tot maximaal drie keer). Een restbesmetting kan een aanwijzing zijn voor een inwendige besmetting, zeker bij een besmetting van het bovenlichaam/hoofd of een wond. Hierbij geeft analyse van een 'neuswat', afgenomen vóór decontaminatie, een eerste indicatie van de mate van inwendige blootstelling door inhalatie.

Een wondbesmetting vereist specifieke aandacht en heeft prioriteit boven decontaminatie van de intacte huid. Radioactieve scherven moeten met een pincet worden verwijderd waarna kan worden gespoeld met (bij voorkeur) een fysiologische zoutoplossing. Bij sommige besmettingen (bijv. americium of plutonium) kan met een DTPA oplossing worden gespoeld.

Bij een beperkte lokale besmetting van een enkele persoon met een radioactieve stof zal een gedeeltelijke natte decontaminatie zich sterk richten op het beperken van verdere verspreiding van de radioactieve stof. Hierbij zijn er specifieke aandachtspunten zoals het afdekken van de vloer en de brancard en het bij voorkeur opvangen van besmet spoelwater (indien mogelijk).

## Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM)

Standaard PBM, bestaande uit handschoenen, schort, mondneusmasker en oogbescherming, bieden voldoende bescherming bij chemische en radioactieve besmettingen van een enkele patiënt door blootstelling in een thuis- of werksituatie. Medische handschoenen (bij voorkeur nitril) en bedekkende werkkleding voorkomen direct huidcontact met de stof. Een medisch mondneusmasker (chirurgisch type IIR of bij voorkeur een FFP2 adembeschermingsmasker), oogbescherming (spatmasker/veiligheidsbril) en haarnetje/muts zijn aan te raden in geval van uitgebreide besmetting met stofdeeltjes zoals metalen in poedervorm, irriterende vaste stoffen zoals traangas (CN- of CS-gas) of pepperspray (na verdamping van het oplosmiddel blijven vaste deeltjes achter), en in geval van radioactieve stoffen. (Spat)waterdichte kledingbescherming (bijv. plastic spatschort met lange mouwen) en oogbescherming (spatmasker/veiligheidsbril) zijn aan te raden bij (gedeeltelijke) natte decontaminatie. Deze standaard PBM zijn vergelijkbaar met de PBM die gebruikt worden bij behandeling van met Covid-19 besmette patiënten of met het toepassen van het 'MRSA'-protocol. Op de ambulance zijn handschoenen, veiligheidsbril, mondneusmasker en haarnetje aanwezig.

Gebruik van standaard PBM biedt ook voldoende bescherming bij besmetting van een patiënt met vluchtige chemicaliën (zoals oplosmiddelen) uit consumenten- of professionele producten (ongelukjes tijdens gebruik of braken na inname), bij het opboeren van giftige gassen die zijn gevormd door reactie met maaginhoud (bijv. natriumazide, cyanide- of fosfideverbindingen), en ook als kleding besmet met een zeer toxische vluchtige vloeistof vóór vervoer naar het ziekenhuis al is verwijderd (mogelijke alleen nog restbesmetting op de huid).

De hoeveelheid damp/gas die in deze situaties vrijkomt is zeer beperkt en secundaire inhalatieblootstelling van hulpverleners veroorzaakt over het algemeen geen of hooguit milde gezondheidsklachten in geval van speciale omstandigheden (bijv. slechte ventilatie).

Bij het gebruik van standaard PBM is het wel belangrijk om blootstelling van hulpverleners zoveel mogelijk te voorkomen door het behouden van adequate ventilatie in de ruimte (de patiënt niet verplaatsen naar een slecht geventileerde ruimte). De normale ventilatie in een behandelkamer is voldoende. Verder is het van belang om bij besmetting met poeder of stofdeeltjes kleding voorzichtig te verwijderen (om opdwarrelen te voorkomen), evenals maaginhoud na braken of maagspoelen snel en volledig op te ruimen (om verdere uitdamping/gasvorming te voorkomen). Er wordt vanuit gegaan dat door medische hulpverleners geen directe mond-op-mondbeademing wordt toegepast en dat een Ambu Bag wordt gebruikt. Wanneer een hulpverlener toch direct huidcontact heeft met een gevaarlijke stof, moet de huid die is blootgesteld direct worden gewassen met ruim water en eventueel milde zeep.

Verwijder besmette kleding voordat vervoer per ambulance plaatsvindt. Zet de ventilatie in de ambulance op de hoogste stand. Het aanvullend openen van een raam kan eventueel worden overwogen bij braken van de patiënt (naast snel en volledig opruimen), het waarnemen van een vieze geur of bij optreden van milde klachten bij ambulancepersoneel zoals bijv. irritatie van ogen en luchtwegen. Bij besmetting met vaste stofdeeltjes kan de brancard worden afgedekt met een laken waarvan de uiteinden vervolgens om de patiënt worden heengeslagen.

Gebruik van uitgebreide PBM, bestaande uit adembescherming met een combinatiefilter dat beschermt tegen gas/damp en stofdeeltjes (als onderdeel van een vol- of halfgelaatsmasker) en een vloeistofdichte en chemicaliënbestendige 'overall' en handschoenen, zijn alleen nodig in uitzonderlijke gevallen van besmetting met (zeer) giftige vluchtige chemicaliën (bijv. bij blootstelling aan een vluchtig chemisch strijdmiddel zoals sarin).

Uitgebreide PBM moeten ook worden overwogen tijdens het uitvoeren van een volledige decontaminatie van grotere groepen slachtoffers bij minder gevaarlijke besmettingen vanwege langduriger contact van de hulpverlener met de stof. Dit scenario zal zich waarschijnlijk alleen voordoen als gevolg van een grootschalig industrieel- of transportincident of een terroristische aanslag. Hierbij kunnen meerdere besmette 'zelfverwijzers' zich presenteren bij het ziekenhuis. Ambulancepersoneel draagt bij grote incidenten in de 'warm zone' (in overleg met de GAGS of AGS) uitgebreide PBM, bij ontvangst van door de brandweer gedecontamineerde slachtoffers.

## Risico hulpverlener

Het optreden van gezondheidsklachten bij hulpverleners door contact met een besmette patiënt komt heel weinig voor. In de periode van 2006 t/m 2021 werd het NVIC vanuit het ziekenhuis of de ambulancedienst geraadpleegd over ongeveer 4400 patiënten na blootstelling aan een chemische stof (huidcontact of intentionele inname). Hierbij was slechts twee keer sprake van milde klachten bij een betrokken hulpverlener, waarbij een relatie met secundaire blootstelling waarschijnlijk was: irritatie van de ogen door chloorbleekmiddel en huidirritatie door direct contact met zwavelzuur.

### Chemische stoffen

Aangezien normale hygiënische voorzorgen, waaronder gebruik van handschoenen en schort (of bedekkende werkkleding), direct huidcontact voorkomen, is inhalatie de belangrijkste secundaire blootstellingsroute voor medische hulpverleners. De volgende drie stofgroepen zijn hierbij relevant:

- 1) vaste stofdeeltjes, zoals bijvoorbeeld in het irriterende 'traangas (CN- of CS-gas)' of 'pepperspray' (na verdamping van het oplosmiddel blijven vaste stofdeeltjes op het slachtoffer achter),
- 2) dampen van vluchtige vloeistoffen (vaak oplosmiddel bevattende chemische producten waaronder bestrijdingsmiddelen, waarvan de actieve stof weinig vluchtig is) en

3) gassen gevormd in de maag door contact van de ingenomen stof met maaginhoud (bijv. fosfinesgas uit fosfideverbindingen of waterstofazide uit natriumazide).

Uit de literatuur blijkt dat als door secundaire blootstelling gezondheidsklachten optreden bij hulpverleners, de klachten mild en reversibel van aard zijn. Het meest gerapporteerd zijn misselijkheid, irritatie van ogen, keel en luchtwegen, hoofdpijn, duizeligheid en braken. Over het algemeen komen de gemelde symptomen overeen met een lage inhalatoire blootstelling aan de betrokken stoffen. Een deel van de gerapporteerde gezondheidsklachten is echter specifiek en zou ook veroorzaakt kunnen zijn door angst of als reactie op een vieze geur. Tegenover de incidentele meldingen van secundaire blootstelling met milde gezondheidsklachten, staat de ervaring in landen met een hoge incidentie van dergelijke vergiftigingen waarbij over het algemeen ook geen gezondheidsklachten optreden bij hulpverleners (bijv. fosfidevergiftigingen in India).

Het beperkte risico op gezondheidsklachten door secundaire blootstelling is te verklaren doordat de hoeveelheid materiaal die een patiënt meedraagt naar het ziekenhuis over het algemeen beperkt is. In geval van inname van stoffen die reageren met maaginhoud is de hoeveelheid gas die via oprispingen of in de uitademingslucht vrij kan komen eveneens zeer beperkt.

In die gevallen waarbij toch secundaire toxiciteit is gemeld was vaak sprake van speciale omstandigheden. Bijvoorbeeld door behandeling in een ruimte met slechte ventilatie of door het terugkomen van maaginhoud door braken of maagspoelen met hieruit verdamping of gasvorming van ingenomen stoffen of door direct huidcontact met de stof of gecontamineerd braaksel.

De enige gedocumenteerde blootstelling aan een stof met serieuze toxische effecten betreft een onbeschermd huidblootstelling aan een organofosfaat insecticide. Deze blootstelling was te voorkomen geweest door het dragen van handschoenen, als onderdeel van de standaard PBM.

Ook in het zeldzame geval van besmetting met uitermate gevaarlijke stoffen is ernstige secundaire toxiciteit bij hulpverleners in het ziekenhuis niet te verwachten bij gebruik van standaard PBM.

Zelfs bij artsen die slachtoffers van een terroristische aanslag met het chemisch strijdmiddel sarin (Tokio, 1995) behandelden (zonder aanvullende PBM) waren de gezondheidsklachten beperkt en reversibel. In een dergelijk scenario is goede (adem)bescherming echter wel belangrijk om ook milde klachten te voorkomen. Het incident geeft wel aan dat zelfs als persoonlijke bescherming nog niet optimaal is, geen ernstige gezondheidsklachten te verwachten zijn door secundaire blootstelling. Levensreddende handelingen kunnen altijd doorgang vinden.

Voor ambulancepersoneel is vervoer van een besmette patiënt een speciale situatie. Vanuit de meldingen aan het NVIC, berekeningen van concentraties in de lucht in een ambulance en vanuit casusbeschrijvingen in de wetenschappelijke literatuur zijn echter geen aanwijzingen gevonden dat ambulancepersoneel bij vervoer van een met een chemische of radioactieve stof besmette patiënt een groter risico loopt dan ziekenhuispersoneel. Er worden zeer incidenteel gezondheidsklachten gemeld, die mild en reversibel van aard zijn, vergelijkbaar met die bij ziekenhuispersoneel.

#### Zelfdodingspoeders

Het NVIC merkt bij hulpverleningsdiensten veel ongerustheid over de eigen veiligheid na meldingen van inname van een 'zelfdodingspoeder' ('middel X'). Het kan hierbij gaan om verschillende verbindingen. Na inname van bijv. natriumazide kan het gas waterstofazide uit de maag vrijkomen. De vrijkomende hoeveelheid is echter te weinig om serieuze gezondheidsklachten bij hulpverleners te veroorzaken. Als duidelijk is dat poeder is *ingenomen* in een poging tot zelfdoding, kunnen de hulpverleners de woning zonder risico betreden.

#### **Radioactieve stoffen**

Een met radioactieve stofdeeltjes besmette patiënt draagt radioactiviteit mee *op* de huid of kleding (uitwendige besmetting) en mogelijk ook *in* zijn/haar lichaam (inwendige besmetting).

Er is slechts een zeer beperkte stralingsdosis te verwachten door secundaire besmetting van hulpverleners met radioactieve stofdeeltjes, aangezien de hoeveelheid radioactief materiaal die een uitwendig besmet slachtoffer meedraagt naar het ziekenhuis naar verwachting beperkt is (in scenario's waarbij radioactieve stofdeeltjes worden verspreid zoals bij een 'vuile bom'). Inwendige besmetting van de hulpverlener door inhalatie na opdarren van vaste radioactieve deeltjes kan worden voorkomen door het dragen van standaard PBM, waaronder mondneusmasker. Een uitsluitend inwendig besmette patiënt is voor hulpverleners vrijwel nooit een gevaar voor besmetting met de radioactieve stof zelf omdat het alleen kan worden verspreid via lichaamsvloeistoffen (voornamelijk urine en feces). Bij normale hygiënische maatregelen is hiermee geen contact. Gebeurt dit wel dan is het voldoende om blootgestelde huid te wassen.

Hulpverleners kunnen ook zonder direct contact worden bestraald door de radioactieve stof op of in de patiënt. Het hangt van het soort straling ('doordringend vermogen') af of de patiënt een bron van straling is. In het algemeen is de verwachte stralingsdosis voor hulpverleners zeer beperkt.

Een patiënt die uitsluitend van buitenaf is *bestraald*, vormt *geen* risico voor secundaire blootstelling omdat hij/zij geen radioactieve stof met zich meedraagt.

## Vorbereiding van ziekenhuizen

Het is aan te bevelen dat ziekenhuizen die nog niet zijn voorbereid op de ontvangst van chemisch of radioactief besmette slachtoffers, nadenken over de mogelijkheden voor opvang en decontaminatie van dergelijke slachtoffers. Belangrijk is ook om de juiste aanvullende persoonlijke beschermingsmiddelen voor personeel aan te schaffen en hiermee te oefenen. Heeft een ziekenhuis geen of beperkte mogelijkheden tot decontamineren dan is het aan te raden om vooraf afspraken te maken over doorverwijzing van slachtoffers naar andere ziekenhuizen in de regio. Afspraken over spreiding zijn ook belangrijk voor ziekenhuizen die wel grotere aantallen besmette slachtoffers kunnen opvangen, voor als de eigen capaciteit tijdens een groot incident niet toereikend (meer) is. Voor opvang kan ook een beroep worden gedaan op het Calamiteitenhospitaal in het UMC Utrecht.

Voor de ziekenhuizen die in het Ziekenhuis Rampenopvangplan (ZiROP) alleen nog chemische en/of biologische incidenten hebben beschreven, is de aanbeveling om ook specifiek stralingsincidenten in het opvangplan op te nemen en hiermee ook te oefenen.

Ten slotte is scholing van ziekenhuispersoneel over het beperkte risico van secundaire blootstelling aan gevaarlijke stoffen tijdens behandeling van zowel een chemisch als een radioactief besmette patiënt belangrijk. Informatie kan ook worden opgenomen in (decontaminatie)protocollen. Dit kan angst verminderen en buitenproportionele maatregelen voorkomen (met hierdoor mogelijk niet optimale behandeling van de patiënt en onnodige kosten).

## Advies

Voor advies over het risico van de stoffen waarmee besmetting heeft plaatsgevonden (voor patiënt en hulpverlener) en de wijze van uitwendige decontaminatie kan worden overlegd met:

- De Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijk Stoffen (GAGS) van de GGD die in elke regio via de regionale meldkamer ambulance (MKA) gealarmeerd kan worden.
- Het NVIC: 24/7 beschikbaar voor professionele hulpverleners via 088-755 8000. Op de NVIC website [www.vergiftigingen.info](http://www.vergiftigingen.info) is zowel toxicologische als radiologische informatie te vinden. Voor een acute situatie is de belangrijkste informatie in dit document samengevat in factsheets. Deze zijn ook opgenomen als bijlagen in dit document.

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Inleiding .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Uitwendige decontaminatie .....</b>	<b>11</b>
2.1. Wanneer is uitwendige decontaminatie nuttig? .....	11
2.2. Herkennen van chemische of radioactieve besmetting .....	12
2.3. Meest geschikte decontaminatieprocedure .....	13
2.4. Aandachtspunten bij uitwendige decontaminatie .....	14
2.4.1. Droge decontaminatie .....	14
2.4.2. Natte decontaminatie .....	15
2.4.3. Welk spoelmiddel bij natte decontaminatie .....	16
2.4.4. Spoelen van de ogen .....	17
2.5. Aandachtspunten bij radioactieve besmetting .....	17
<b>3. Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) in het ziekenhuis .....</b>	<b>20</b>
3.1. Blootstelling beperken .....	21
3.2. PBM bij patiënt besmet met chemische stof .....	22
3.2.1. Standaard PBM .....	22
3.2.2. Uitgebreide PBM .....	23
3.3. PBM bij patiënt besmet met radioactieve stof .....	24
<b>4. Risico hulpverleners in het ziekenhuis .....</b>	<b>25</b>
4.1. Beperkt risico van een chemisch besmette patiënt .....	26
4.1.1. Secundaire toxiciteit is zeldzaam en gemelde klachten zijn mild .....	26
4.1.2. Hoeveelheid materiaal op een besmette patiënt is beperkt .....	28
4.2. Blootstellingsroutes bij secundaire blootstelling .....	28
4.2.1. Direct huidcontact .....	29
4.2.2. Inhalatie van vaste stofdeeltjes .....	29
4.2.2.1. Irriterende vaste stoffen .....	30
4.2.3. Inhalatie door verdamping van vluchtige vloeistoffen .....	30
4.2.3.1. Vluchtige oplosmiddelen .....	31
4.2.4. Inhalatie van gassen gevormd in maag of aanwezig in uitademingslucht .....	31
4.3. Beperkt risico in geval van uitermate toxische stoffen .....	33
4.3.1. Bestrijdingsmiddelen .....	33
4.3.2. Organofosfaat strijdmiddelen .....	35
4.3.3. Fosfideverbindingen .....	37
4.3.4. Zelfdodingspoeders (natriumazide, natriumnitriet) .....	38
4.3.5. Cyanideverbindingen .....	39
4.4. Beperkt risico van een radioactief besmette patiënt .....	40
4.4.1. Laag risico bij patiënt die uitwendig is besmet .....	41
4.4.2. Zeer laag risico bij patiënt die inwendig is besmet .....	41
4.4.3. Geen risico bij patiënt die uitwendig is bestraald .....	42



<b>5.</b>	<b>Vorbereiding van ziekenhuizen .....</b>	<b>43</b>
5.1.	Aanbevelingen.....	44
5.1.1.	Creëer een decontaminatiefaciliteit.....	44
5.1.2.	Maak afspraken over spreiding van patiënten .....	44
5.1.3.	Neem stralingsincidenten op in het ZiROP .....	44
5.1.4.	Neem informatie over PBM en secundaire blootstelling op in protocollen.....	45
5.1.5.	Opleiden, Trainen, Oefenen (OTO)-plan.....	45
5.2.	Bronnen ter voorbereiding van ziekenhuizen op ontvangst van besmette slachtoffers .....	46
<b>6.</b>	<b>Risico ambulancepersoneel en benodigde PBM .....</b>	<b>47</b>
6.1.	Blootstelling aan de primaire bron in het incidentgebied.....	47
6.1.1.	Risico voor hulpverleners in een thuissituatie .....	48
6.1.1.1.	Zelfdodingspoeders in een thuissituatie .....	49
6.2.	Secundaire blootstelling ambulancepersoneel .....	50
6.2.1.	Standaard PBM .....	51
6.2.2.	Maatregelen om secundaire blootstelling te beperken .....	51
6.2.3.	Uitgebreide PBM in het incidentgebied .....	52
6.2.4.	Beperkt risico tijdens vervoer naar ziekenhuis .....	53
6.2.4.1.	Berekening van fosfineconcentraties in de ambulance.....	55
6.2.5.	Milde klachten na secundaire blootstelling van ambulancepersoneel.....	56
6.2.5.1.	Ervaring uit meldingen aan het NVIC .....	56
6.2.5.2.	Casusbeschrijvingen in de wetenschappelijke literatuur .....	56
	<b>Literatuur .....</b>	<b>60</b>
	<b>Bijlagen .....</b>	<b>64</b>
Bijlage 1	Factsheet 'Aandachtspunten bij uitwendige decontaminatie' .....	64
Bijlage 2	Factsheet 'Secundaire blootstelling van hulpverleners en persoonlijke beschermingsmiddelen' .....	67
Bijlage 3	Factsheet 'Zelfdodingspoeders: klinisch beeld, behandeling, risico voor hulpverleners' .....	70
Bijlage 4	Metingen van concentraties oplosmiddelen tijdens decontaminatie.....	72
Bijlage 5	Berekening van fosfineconcentraties in de ambulance .....	74

# 1. Inleiding

Uit meldingen aan het Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum (NVIC) blijkt dat de bezorgdheid van medische hulpverleners over blootstelling aan gevaarlijke stoffen bij behandeling of decontaminatie van een met een chemische stof besmette patiënt de laatste jaren toeneemt.<sup>[gro.gro4]</sup> Slachtoffers van alledaagse ongelukken met bijvoorbeeld bestrijdingsmiddelen of corrosieve stoffen werden in het verleden zonder problemen behandeld, terwijl hierbij tegenwoordig vaak twijfel ontstaat over de eigen veiligheid. Bewustwording van het beperkte risico is belangrijk omdat een overschatting hiervan in combinatie met angst voor secundaire blootstelling, kan leiden tot:

- Vertraagde of niet optimale behandeling van een chemisch besmette patiënt.
- Buitenproportionele maatregelen zoals evacuatie van de spoedeisende hulp met hierdoor vertraging van zorg aan andere patiënten en onnodige kosten.

Dit was de aanleiding tot het schrijven van dit document met informatie over:

- Uitwendige decontaminatie van patiënten die met een chemische of radioactieve stof zijn besmet ([hoofdstuk 2](#)). Zowel de procedure (grootschalig of kleinschalig), praktische aandachtspunten, als het herkennen van een besmetting, worden besproken.
- Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) voor ziekenhuispersoneel ([hoofdstuk 3](#)). Hierbij wordt aangegeven in welke situaties standaard PBM (handschoenen, schort, mondneusmasker, oogbescherming) voldoende zijn en wanneer uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall, handschoenen) verstandig zijn.
- Het risico dat een patiënt met een chemische of radioactieve besmetting vormt voor de hulpverlener in het ziekenhuis ([hoofdstuk 4](#)). Dit onderwerp wordt besproken vanuit ervaring van het NVIC en publicaties in de wetenschappelijke literatuur.
- Voorbereiding van ziekenhuizen op opvang en decontaminatie van een besmet slachtoffer ([hoofdstuk 5](#)). Aanbevelingen en nuttige bronnen worden gegeven.
- Risico voor ambulancemedewerkers met speciale aandacht voor blootstelling tijdens vervoer ([hoofdstuk 6](#)). Dit is een op zichzelf staand hoofdstuk waarin relevante informatie uit dit document is overgenomen en aangevuld met informatie specifiek voor ambulancepersoneel.

Let op: het gaat in dit document niet over risico's van patiënten met een infectieziekte.

De informatie in dit document kan nuttig zijn als aanvulling op bestaande decontaminatieprocedures of bij het opstellen hiervan en bij het verzorgen van scholing over deze onderwerpen. Vooral secundaire blootstelling van medische hulpverleners blijkt vaak een onderbelicht onderwerp.

Voor een acute situatie is de belangrijkste informatie samengevat in drie factsheets:

- 'Aandachtspunten bij uitwendige decontaminatie'.
- 'Secundaire blootstelling van hulpverleners en persoonlijke beschermingsmiddelen'.
- 'Zelfdodingspoeders: klinisch beeld, behandeling en risico voor hulpverleners'.

Deze factsheets zijn opgenomen als [bijlagen](#) bij dit document en ook te downloaden op [www.vergiftigingen.info](http://www.vergiftigingen.info) (zoek op 'factsheet').

Voor advies over het risico van de stoffen waarmee besmetting heeft plaatsgevonden (voor patiënt en hulpverlener) en de wijze van uitwendige decontaminatie kan worden overlegd met:

- De Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijk Stoffen (GAGS) van de GGD die in elke regio via de regionale meldkamer ambulance (MKA) gealarmeerd kan worden.
- Het NVIC: 24/7 beschikbaar voor professionele hulpverleners via 088-755 8000. Op de NVIC website [www.vergiftigingen.info](http://www.vergiftigingen.info) is toxicologische informatie te vinden en informatie over radioactieve stoffen en ioniserende straling.

## 2. Uitwendige decontaminatie

Als een chemische of radioactieve stof na een incident op de kleding of de huid van een slachtoffer terecht is gekomen, is het belangrijk deze besmetting te verwijderen om:

- Lokale inwerking op de huid, bijv. in geval van sterke zuren/basen, te stoppen.
- Absorptie door de intacte huid of door een besmette wond te voorkomen.
- Verspreiding van de besmetting te voorkomen:
  - o Naar onbesmette delen van het lichaam van het slachtoffer.
  - o Naar hulpverleners (secundaire besmetting).
  - o Naar omgeving/ziekenhuis, apparatuur, etc.

In dit hoofdstuk wordt eerst uiteengezet bij welke besmettingen decontaminatie nuttig is ([paragraaf 2.1](#)) en hoe een besmetting in de praktijk kan worden herkend als een patiënt dit zelf niet kan aangeven ([paragraaf 2.2](#)). Daarna wordt ingegaan op de meest geschikte decontaminatieprocedure ([paragraaf 2.3](#)). Deze hangt af van de aard van de betrokken stoffen, de uitgebreidheid van de besmetting, de medische toestand van de patiënt(en) en het aantal te decontamineren patiënten. Het is niet altijd nodig om 'grootschalige decontaminatie' te starten. Voor de praktische uitvoering van decontaminatie worden aandachtspunten besproken ([paragraaf 2.4](#)). Ten slotte wordt aangegeven hoe de procedure kan worden aangevuld of aangepast in geval van besmetting met een radioactieve stof ([paragraaf 2.5](#)), afhankelijk van de grootte van het stralingsincident.

Levensreddende handelingen hebben prioriteit boven decontaminatie. Het risico op het krijgen van gezondheidsklachten door contact met een besmette patiënt is voor ziekenhuispersoneel klein. Dit geldt ook als de bescherming van de hulpverlener om wat voor reden (nog) niet optimaal is. Zie voor meer informatie [hoofdstuk 4](#).

### 2.1. Wanneer is uitwendige decontaminatie nuttig?

Uitwendige decontaminatie van de patiënt is nuttig in geval van besmetting door:

- Vaste deeltjes/stof/poeder op de huid.
- Vloeistof op de huid.
- Neerslaan van aerosolen (druppelnevel) op de huid.
- Condensatie van damp naar vloeistof op de huid (na verdamping uit een vluchtige vloeistof).

Bij [blootstelling van een slachtoffer aan gassen](#) heeft uitwendige decontaminatie geen of zeer beperkt nut omdat gassen niet of slechts in geringe hoeveelheden in de kleding van de patiënt worden meegedragen.<sup>[cox,hor]</sup> In geval van huid en/of slijmvliesklachten door bijv. blootstelling aan goed in water (slijmvliesvocht/transpiratie) oplosbare irriterende gassen zoals chloorgas, kan spoelen van de ogen of aangedane huid nodig zijn. In de praktijk wordt echter voornamelijk irritatie van de ogen en bovenste luchtwegen gezien en nemen deze klachten snel af als het slachtoffer in de frisse lucht wordt gebracht.

Er is een casus bekend van stankklachten in het ziekenhuis bij ontvangst van slachtoffers die waren blootgesteld aan waterstofsulfidegas (geur van rotte eieren; zeer lage geurdrempel). Verwijderen van kleding (droge decontaminatie) kan deze overlast voorkomen.

## 2.2. Herkennen van chemische of radioactieve besmetting

Het is belangrijk dat vanuit het incidentgebied richting het ziekenhuis duidelijk wordt gecommuniceerd over:<sup>[bur]</sup>

- Mogelijke besmetting met chemische/radioactieve stoffen.
  - o Betrokken stof(fen).
  - o Uitgebreidheid van de besmetting.
  - o Uitwendige decontaminatie niet/gedeeltelijk/wel uitgevoerd.
- Aantal te verwachten slachtoffers.
- Medische toestand van de slachtoffers.

Het is echter waarschijnlijk dat zeer snel na een groot incident individuele slachtoffers zich ook als 'zelfverwijzers' bij het ziekenhuis presenteren. In de meeste gevallen zal het bij melding van een besmetting gaan om één of enkele slachtoffers, bijvoorbeeld door kleinere ongevallen in een thuis- of werksituatie. Informatie kan worden verkregen van de slachtoffers zelf waarbij de situatie goed moet worden uitgevraagd:

- Welke stoffen zijn vrijgekomen?
- Gaat het om poeder/deeltjes, vloeistof, damp of gas?
- Wat was de bron waaruit de stof(fen) zijn vrijgekomen?
- Is de patiënt blootgesteld/besmet?
  - o Welke blootstellingroute? (inademing, ingestie en/of huidcontact)
  - o Mate van blootstelling?
    - o Concentratie van de stof.
    - o Duur van blootstelling bij inademing.
    - o Hoeveelheid bij ingestie.
    - o Grootte van het blootgestelde huidoppervlak.
- Hoe lang geleden heeft de blootstelling plaatsgevonden?
- Is de huid al gedecontamineerd?
- Zijn er gezondheidsklachten, zo ja welke en wanneer zijn deze ontstaan?
- Bij een incident met een radioactieve stof is het belangrijk om te achterhalen of alleen uitwendige bestraling (bron op afstand) heeft plaatsgevonden of dat er radioactief materiaal verspreid is, waarbij via huidcontact, ingestie of inademing een uitwendige en/of inwendige besmetting van de patiënt kan hebben plaatsgevonden ([paragraaf 4.4](#)).

Indien slachtoffers niet zelf duidelijk (kunnen) aangeven of er sprake is van een besmetting is het voor hulpverleners in het ziekenhuis belangrijk om blootstelling aan een chemische of radioactieve stof en dus de kans op een mogelijke besmetting te herkennen via waarneming of blootstellings-geschiedenis:<sup>[bur,nab]</sup>

- Waarneming:
  - o Zichtbare besmetting (vloeistof, poeder of deeltjes) op de kleding of huid.
  - o Geur of prikkeling van ogen of huid bij hulpverleners. Let op:
    - o Geur is niet altijd een directe indicatie van gevaar.
    - o Afwezigheid van geur betekent niet automatisch dat de situatie veilig is.
  - o Symptomen van het slachtoffer:
    - o Irritatie van de huid bij contact met irriterende stoffen.
    - o Brandwonden bij contact met corrosieve stoffen.
    - o Kennis van 'toxidromen', indelingen van chemische stoffen op basis van optredende symptomen, is van nut. Er bestaan verschillende indelingen. Een veelgebruikte indeling komt voort uit de Advanced Hazmat Life Support (AHL) cursus. Deze is opgenomen in de Leidraad CBRN.<sup>[boe]</sup>

Een voorbeeld is het 'cholinerg syndroom' met kenmerkende symptomen als miosis, tranenvloed, speekselvloed, spiertrekkingen en incontinentie voor feces en urine. Dit beeld kan optreden door blootstelling aan organofosfaat insecticiden (paragraaf 4.3.1) of aan chemische strijdmiddelen op basis van organofosfor (paragraaf 4.3.2).

- Na accidentele besmetting met een radioactieve stof is het optreden van stralingsziekte (met eerste symptomen als misselijkheid en braken) *niet* te verwachten (paragraaf 4.4). Daarnaast worden de eerste effecten op de huid (voorbijgaande roodheid, erytheem of oedeem) bij een hoge huiddosis pas enkele uren na blootstelling gezien. Eventuele snel optredende symptomen zullen in dit geval hoogstwaarschijnlijk een andere oorzaak hebben, bijv. angst of thermische verbranding van huid. Zie voor meer informatie over het verloop van stralingsziekte het RIVM rapport 'Triage en eerste opvang van slachtoffers na stralingsincidenten'<sup>[gro3]</sup> of de REMM-website.<sup>[rem]</sup>
  - Let op: na blootstelling aan chemische stoffen kunnen de initiële klachten specifiek zijn: hoofdpijn, misselijkheid en braken worden in de praktijk vaak gemeld.<sup>[gro5]</sup> Deze symptomen kunnen het gevolg zijn van een milde blootstelling aan bepaalde stoffen maar kunnen zeker ook worden veroorzaakt door:
    - Angst en stress.  
Denk bij (grotere) incidenten ook aan het fenomeen 'mass psychological illness', waarbij personen klachten kunnen ervaren zonder dat daadwerkelijke blootstelling aan een gevaarlijke stof heeft plaatsgevonden.
    - Psychologische reactie op het waarnemen van een vieze geur.<sup>[bur]</sup>  
Denk hierbij aan besmetting met oplosmiddel bevattende producten (zoals bestrijdingsmiddelen) of besmetting met benzine dat na transportongevallen kan zijn gelekt op het slachtoffer.
    - Belasting door te lang werken in een decontaminatiepak.
  - Het optreden van symptomen bij personen die contact hebben gehad met het slachtoffer kan een indicatie zijn van een besmetting.<sup>[ste]</sup>
  - Meerdere slachtoffers met dezelfde symptomen. De '1-2-3' regel uit de 'Regionale Handreiking Opvang chemisch besmette patiënten':<sup>[nab]</sup>  
Eén slachtoffer: normale procedure. Twee slachtoffers met dezelfde symptomen: voorzichtigheid. Drie slachtoffers met dezelfde symptomen: grote kans op gemeenschappelijke (chemische) blootstelling.
- Blootstellingsgeschiedenis.  
Besmettingen kunnen het gevolg zijn van onder andere:
- Bedrijfsongeval (agrarische sector, chemische industrie, laboratorium, schoonmaak, onderhoud, etc.).
  - Transportongeval (chemische/radioactieve stoffen).
  - Terroristische aanslag (zelden).

## 2.3. Meest geschikte decontaminatieprocedure

Veel ziekenhuizen zijn voorbereid op de ontvangst van grotere groepen slachtoffers en hebben hiervoor bijv. een decontaminatietent of in pandige decontaminatieruimte en persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) met een hoge beschermingsgraad beschikbaar.<sup>[gro2]</sup>

Het blijft echter belangrijk om voor de keuze van de decontaminatieprocedure een goede afweging te maken op basis van de specifieke situatie. In de praktijk wordt soms ook voor één enkel besmet slachtoffer de procedure voor 'grootschalige decontaminatie' opgestart. Een slachtoffer dat bijv. een zuur over een arm heeft gekregen, kan beter zo snel mogelijk worden gespoeld bij de dichtstbijzijnde

kraan/douche in plaats van dat gewacht wordt totdat een decontaminatietent is opgezet.<sup>[cla]</sup> Dit voorkomt ook vertraging van decontaminatie en eventuele behandeling, waardoor lokale inwerking en opname door de huid worden verminderd.

#### De meest geschikte decontaminatieprocedure hangt af van:

- Betrokken stoffen (eigenschappen).
  - Bij een vaste stof is de procedure afhankelijk van de mate van besmetting en de aard van de stof. Bij een beperkte besmetting van alleen kleding met een relatief ongevaarlijke vaste stof zou bijvoorbeeld alleen droge decontaminatie kunnen worden uitgevoerd ('kleding verwijderen'; [paragraaf 2.4.1](#)). Eventueel gevolgd door 'spotdecontaminatie'.
  - Bij vloeistofbesmetting zal natte decontaminatie ('douchen'; [paragraaf 2.4.2](#)) op droge decontaminatie volgen.
  - Na een uitgebreide besmetting met een radioactieve stof of bij grote groepen slachtoffers na een grootschalig stralingsincident, is de decontaminatieprocedure grotendeels gelijk aan die bij besmetting met een chemische stof. Bij een beperkte lokale besmetting richt de procedure zich veel meer op het voorkomen van verspreiding van radioactief materiaal (zie [paragraaf 2.5](#)).
- Uitgebreidheid van de besmetting.
  - Bij een besmetting van een beperkt huidoppervlak (bijvoorbeeld een arm) kan gedeeltelijke (lokale) decontaminatie worden uitgevoerd, bijv. alleen de arm afspoelen onder de kraan of douche.
  - Bij uitgebreide besmetting zal een volledige decontaminatie nodig zijn.
- Medische toestand van de patiënt(en).
  - Niet-ambulante personen worden liggend op een brancard door hulpverleners gedecontamineerd.
- Aantal te decontamineren patiënten.
  - Bij grote aantallen slachtoffers en onvoldoende capaciteit ambulante patiënten (met goede instructies) zelf laten douchen. Dit heeft de voorkeur boven het lang laten wachten van patiënten op natte decontaminatie door hulpverleners.

## 2.4. Aandachtspunten bij uitwendige decontaminatie

Bij uitwendige decontaminatie wordt onderscheid gemaakt tussen droge decontaminatie ('kleding verwijderen', [paragraaf 2.4.1](#)) en natte decontaminatie ('douchen'; [paragraaf 2.4.2](#)).

In alle gevallen van chemische of radioactieve besmetting kan bij natte decontaminatie worden gestart met spoelen met ruim water en eventueel wassen met milde zeep. Voor enkele stoffen zijn alternatieve spoelmiddelen een optie ([paragraaf 2.4.3](#)). Deze kunnen worden ingezet zodra beschikbaar. Spoelen van de ogen vereist specifieke aandacht ([paragraaf 2.4.4](#)).

### 2.4.1. Droge decontaminatie

- Verwijder voorzichtig de besmette schoenen en kleding. Hiermee kan 70-90%<sup>[chi,cox]</sup> van de uitwendige besmetting verwijderd worden.
  - Kleding niet over het hoofd uittrekken maar met een schaar of 'crashmes' openknippen van hoofd naar voeten. Vraag de patiënt om op een stuk plastic, bijv. een opengeknipte vuilniszak, te gaan staan, en knip de kleding van achteren open zodat kleding naar voren valt, weg van het gezicht. Vouw het plastic met de vieze schoenen en kleding voorzichtig dicht.
  - Niet wapperen met kleding om zo min mogelijk stof te verspreiden.
  - Als kleding aan huid vastgekleefd zit: niet lostrekken maar losweken met water.

- Stop besmette schoenen en kleding in een dubbele plastic zak, sluit deze af en voorzie deze van een label met gegevens van de patiënt.
  - o Plaats de zak met besmet materiaal uit de buurt van verblijfplaatsen van personen (bij voorkeur buiten op een aangegeven en te controleren plaats, eventueel in een andere goed geventileerde ruimte of in een verre hoek van de kamer).
- Persoonlijke bezittingen in een aparte plastic zak verzamelen en eveneens labelen.
- Indien aanwezig, los poeder/deeltjes van de huid voorzichtig verwijderen ('spotdecontaminatie') met vochtige (baby)doekjes, gaas of (hand)doek of een pincet. Een zachte borstel kan gebruikt worden maar geeft risico op opwarrelen van stofdeeltjes.
  - o Verwijderen van poeder/deeltjes voorkomt dat deze besmetting tijdens natte decontaminatie over een groter huidoppervlak wordt verspreid (met mogelijk toename van huidabsorptie door oplossen van de betrokken stof in water).
  - o Bij stoffen die reageren met water ([paragraaf 2.4.3](#)) is het eveneens verstandig om zoveel mogelijk materiaal te verwijderen voordat wordt gespoeld met ruim water.
- Bij een uitgebreide besmetting met stofdeeltjes kan de patiënt eveneens met een medisch mondneusmasker en oogbescherming worden beschermd om blootstelling te voorkomen.

Let op: de hoeveelheid materiaal die een patiënt meedraagt naar het ziekenhuis is over het algemeen beperkt (zie [paragraaf 4.1.2](#)). Er zijn echter casus bekend waarin een slachtoffer met een uitgebreide besmetting naar het ziekenhuis is vervoerd (terwijl volgens protocol ernstig besmette kleding voor vervoer moet worden verwijderd). Dit leidde tot (stank)klachten bij ambulance- en ziekenhuispersoneel na besmettingen met mest uit een gierput en benzine na transportongevallen. In deze situaties is het verstandig om ernstig besmette kleding (buitenste laag) zo mogelijk al te verwijderen voordat verdere decontaminatie in een binnenruimte van de spoedeisende hulp plaatsvindt.

#### **2.4.2. Natte decontaminatie**

- Was de besmette huiddelen met ruim water en gebruik bij niet-wateroplosbare stoffen ('water loopt dan in parels over de huid') een milde zeep.
  - o In richting van hoofd naar voeten (lokale besmetting zie onder).
  - o Haren, nagels en huidplooiën extra goed spoelen.
  - o Bij wassen van besmette haren: spoel water weg van ogen, neus en mond.
 Begin eerst altijd zo snel mogelijk met spoelen met water en eventueel een milde zeep. Zie [paragraaf 2.4.3](#) voor informatie over alternatieve spoelmiddelen die bij sommige stoffen voor decontaminatie gebruikt kunnen worden.
- Gebruik lauwwarm water (25-30°C):
  - o Indien te warm: toename van bloedtoevoer naar de huid met hierdoor mogelijk een verhoogde opname van de stof.
  - o Indien te koud: gevaar van onderkoeling, vooral in geval van decontaminatietent buiten bij koud weer en bij kinderen. Door het sluiten van poriën kunnen radioactieve stoffen vastgehouden worden. Als nabij het incidentgebied alleen koud water voorhanden is kan het de voorkeur hebben om ter plekke kleding te verwijderen (droge decontaminatie) en later op een geschikte locatie natte decontaminatie uit te voeren.
- Gebruik een zachte straal om aerosolvorming en vervolgens inhalatie hiervan te voorkomen.
- Voorkom beschadigen van de huid (kan inwendige besmetting veroorzaken door opname):
  - o Gebruik geen harde borstel.
  - o Niet hard schrobben.
- Door bij corrosiva (zuren of basen) geruime tijd te spoelen (minimaal 30 minuten) met lauwwarm stromend water kan de ernst van de lokale effecten aanzienlijk beperkt blijven. Er ontstaat bijvoorbeeld in plaats van tweede- of derdegraads letsels alleen een eerstegraads chemische dermatitis.<sup>[meu]</sup> Het nut hiervan is afhankelijk van het moment waarop met spoelen is begonnen. Indien direct na blootstelling (binnen enkele seconden) wordt gespoeld, voorkomt dit penetratie in de huid en treedt vaak geen schade op. Indien langer wordt

- gewacht en de stof al in de huid is gedrongen, is langdurig spoelen essentieel om verdere schade te beperken.
- Bij lokale besmetting:
    - Bij een chemische besmetting van een beperkt huidoppervlak, zoals bijvoorbeeld een arm, kan het besmette lichaamsdeel eenvoudig worden afgespoeld onder een kraan.
    - Bij stoffen die goed door de huid worden geabsorbeerd (o.a. fenol, aniline) de huid wassen met ruim water en niet langs het lichaam 'afspoelen' om te voorkomen dat de besmetting over een groter huidoppervlak verdeeld wordt, waardoor de absorptie kan toenemen. Het besmette gebied moet zo klein mogelijk worden gehouden.
    - Wonden uitspoelen met water of fysiologische zoutoplossing (NaCl 0,9%).
  - Opvangen van verontreinigd spoelwater:
    - Indien mogelijk heeft het de voorkeur om verontreinigd spoelwater op te vangen. Is opvang echter niet mogelijk dan zijn geen milieu- of gezondheidsrisico's te verwachten door lozing op het riool vanwege de beperkte hoeveelheid materiaal dat de slachtoffers meedragen en vanwege de grote verdunning.
  - Wanneer is de huid voldoende gedecontamineerd:
 

Het is lastig te bepalen of een chemische besmetting voldoende is verwijderd door droge en natte decontaminatie. Aanschaf van speciale meetapparatuur of het laten uitvoeren van metingen door bijvoorbeeld de brandweer is in het ziekenhuis niet nodig.

    - Alle zichtbare besmetting moet in ieder geval verwijderd zijn.
    - In geval van een besmetting met zuren/basen kan eventueel controle met pH-papier op de voorheen besmette huiddelen worden uitgevoerd.

### 2.4.3. Welk spoelmiddel bij natte decontaminatie

'Eerst water, de rest komt later' geldt in alle gevallen van chemische/radioactieve besmetting.

Bij vaste stoffen die exotherm reageren met water (vrijkomen van warmte, explosiegevaar) is het verstandig om eerst via droge decontaminatie zoveel mogelijk los poeder/deeltjes voorzichtig van de huid te verwijderen (paragraaf 2.4.1). Daarna alsnog wassen met ruim water.

Ook als niet bekend is of het om een stof gaat die reageert met water kan worden gespoeld met overvloedig lauwwarm water omdat hierbij een eventuele reactie niet leidt tot extra risico's voor de patiënt. Indien niet gespoeld wordt met water, zullen dergelijke stoffen uiteindelijk toch reageren met het water uit de weefsels. Hierbij kan lokaal een veel hogere concentratie worden bereikt en kan meer schade worden aanricht dan bij spoelen met een overmaat aan stromend water.

Stoffen die (sterk) kunnen reageren met water zijn o.a.:

- Elementair natrium, kalium, lithium, cesium, rubidium, magnesium, zwavel, strontium, titanium, uranium, yttrium, zink, zirkonium.<sup>[cox]</sup>
- Calciumoxide.
- Chloorsulfonzuur.
- Titaniumtetrachloride.
- Geconcentreerde zuren en logen.

Alternatieven voor water:

Stoffen die slecht oplosbaar zijn in water ('water loopt dan in parels over de huid') zijn vaak beter te verwijderen door gebruik van een milde zeep en daarna spoelen met lauwwarm water. Dit is vaak sneller te realiseren dan de inzet van alternatieve spoelvloeistoffen. Het NVIC ziet geen voordelen in het gebruik van commercieel verkrijgbare spoelmiddelen als hexafluorine of Diphoterine. Vooral de verblijftijd van de stof op de huid bepaalt de schade, hoe sneller gespoeld wordt, hoe minder weefselschade, ongeacht de spoelvloeistof.



In GEEN geval moet decontaminatie met ruim water worden uitgesteld indien een alternatief spoelmiddel niet direct voorhanden is. In dat geval wordt gestart met water en milde zeep en kan daarna het alternatieve spoelmiddel alsnog worden gebruikt.

- Polyethyleenglycol (PEG 300/PEG 400) voor stoffen die slecht oplosbaar zijn in water.
  - Bij huidbesmetting met fenol de huid deppen met PEG of PEG/ethanol mengsel (70:30)<sup>[che]</sup> tot er geen fenolgeur meer waarneembaar is. NIET 'afspoelen' langs het lichaam om te voorkomen dat fenol over een groter huidoppervlak verdeeld wordt, waardoor de absorptie kan toenemen.

NIET gebruiken:

- Oplosmiddelen zoals aceton, benzeen of terpentijn. Dit kan lokale schade verergeren.
- 'Neutraliserende' verbindingen.
  - Bij toevoegen van bijvoorbeeld een zuur aan een alkalische besmetting (of andersom) kan bij de optredende chemische reactie warmte vrijkomen (exotherme reactie), waardoor thermisch letsel kan ontstaan. Bovendien is dit zeer moeilijk te titreren naar een neutrale pH waardoor onbedoeld extra schade veroorzaakt kan worden.
  - Het nut van spoelen van de huid met een natriumhypochloriet oplossing ('bleek') om chemische stoffen te neutraliseren is twijfelachtig.<sup>[chi]</sup>

#### 2.4.4. Spoelen van de ogen

- Contactlenzen verwijderen, indien dit makkelijk gaat.
- Oog minstens 15-30 minuten spoelen met lauwwarm water, fysiologische zoutoplossing (NaCl 0,9%) of Ringers lactaat (ogen NIET spoelen met alternatieve spoelmiddelen, zoals welke gemeld in paragraaf 2.4.3).
  - Oogleden spreiden om de conjunctivae adequaat te kunnen spoelen. Om de oogleden goed open te houden kan een lokaal anestheticum of een oogspeculum gebruikt worden.<sup>[meu, had]</sup> Bij toediening van een lokaal anestheticum dient men er zeker van te zijn dat er geen ruptuur is opgetreden van de oogbol.<sup>[had]</sup>
  - Stroomrichting water: spoel vanuit binnenste ooghoek naar buiten. Voorkom zoveel mogelijk dat besmetting via de traanafvoerbuï (in de binnenste ooghoek) naar de neus en keel loopt.
  - Gebruik eventueel een 'Morgan lens' voor spoelen van het oog.
  - Niet spoelen met een harde straal aangezien hierdoor al aanwezig letsel kan verergeren.

Blijven na het spoelen klachten bestaan, consulteer dan een oogarts.

Bij blootstelling aan corrosieve stoffen:

- Bij ernstig oogletsel kan het van belang zijn het spoelen in het ziekenhuis gedurende enige uren te continueren. Het verdere medisch beleid bij voorkeur in overleg met een oogarts.<sup>[meu]</sup>
- Overweeg de pH van de oculaire vloeistof te bepalen. Indien de pH circa 7 bedraagt, kan gestopt worden met spoelen, tenzij door zuren of basen ernstig oogletsel is opgetreden. In dat geval dient, onafhankelijk van de gemeten pH waarde van de oculaire vloeistof, gedurende enkele uren gespoeld te worden.<sup>[had]</sup>

## 2.5. Aandachtspunten bij radioactieve besmetting

Na een uitgebreide radioactieve besmetting of in geval van grote groepen besmette slachtoffers door een grootschalig stralingsincident waarbij volledige decontaminatie nodig is, is de decontaminatieprocedure grotendeels gelijk aan de procedure bij een chemische besmetting.

### Extra aandachtspunten in geval van een radioactieve besmetting:<sup>[rem,rea,ncr,tmt]</sup>

- In de triage bij aankomst bij het ziekenhuis kan (de mate van) besmetting worden bepaald door te meten met een stralingsmonitor. Neem voor assistentie contact op met de klinisch fysicus, de afdeling nucleaire geneeskunde, of de stralingsbeschermingsdienst van het ziekenhuis.
- In afwachting van decontaminatie (bijv. in geval van grote groepen slachtoffers): besmette personen niet laten roken/eten/drinken om inwendige besmetting te voorkomen.
- Besmette kleding, persoonlijke voorwerpen, materiaal dat is gebruikt bij decontaminatie:
  - Voorzie dubbele afgesloten zakken met kleding en persoonlijke voorwerpen van een label waarop naast de patiëntgegevens ook 'Radioactief besmet' staat.
    - Radioactief besmette kleding kan eventueel later gebruikt worden voor een dosisschatting.
    - Het overige materiaal dat is gebruikt (sponzen e.d.) eveneens verzamelen in een dubbele afgesloten plastic zak en labelen met 'Radioactief besmet'.
    - Het is niet nodig dit radioactief besmette materiaal af te schermen met bijv. lood.
- Persoonlijke hulpmiddelen zoals bril en gehoorapparaat kunnen na decontaminatie aan de patiënt terug worden gegeven. Maak een gehoorapparaat schoon met vochtige doekjes.
- Uitgebreide besmetting van bovenlichaam waardoor mogelijk inhalatie van radioactieve stof:
  - Neem in ieder neusgat een 'neusmonster' af.
    - Gebruik voor ieder neusgat een apart vochtig wattenstaafje (draai deze een aantal malen rond) en bewaar de wattenstaafjes gescheiden in plastic zakjes/testbuisjes, gelabeld met 'Radioactief besmet' en patiëntgegevens.
    - Meting van de activiteit van het neusmonster geeft een eerste indicatie van de mate van inwendige blootstelling. Aanwezigheid van activiteit in slechts één van de neuswatten (of een groot verschil hiertussen) suggereert een niet-inhalatoire bron van besmetting (neus aanraken met besmette vingers bijv.). De afwezigheid van activiteit kan inhalatieblootstelling niet geheel uitsluiten (ademhaling door mond tijdens zwaar werk, verstopte neus e.d.).
    - Indien door een groot aantal slachtoffers het individueel afnemen van neuswatten niet mogelijk is, kan als alternatief aan de slachtoffers worden verzocht de neus te snuiten en de tissues te verzamelen in aparte plastic zakjes voor analyse.
    - Vervolgens neus snuiten en uitspoelen met water of fysiologische zoutoplossing (NaCl 0,9%).
    - Spoel de mond met water, gorgel de keel en spuug zoveel mogelijk materiaal uit (monstername is niet nodig omdat dit materiaal voor dosisschatting niet bruikbaar is). Herhaal dit enkele malen. Poets tanden.
- Als na decontaminatie de controlemeting (stralingsmonitor) een restbesmetting aantoont:
  - Procedure herhalen. Pas stoppen met decontaminatie:
    - Als de besmetting gereduceerd is tot het achtergrondniveau. Dit kan echter lastig te bereiken zijn, tenzij het gaat om een beperkte/lokale besmetting.
    - Als de besmetting gereduceerd is tot maximaal twee keer de achtergrond. Dit is een praktische grens indien een complete natte decontaminatie wordt uitgevoerd.
    - Als na drie keer decontamineren de stralingsniveaus niet verder afnemen.
  - Restbesmetting van het haar: overweeg het haar af te knippen. Niet scheren met een mesje vanwege de kans op beschadigen van de huid en daarmee op inwendige besmetting.
  - Meten van een restbesmetting ondanks herhaalde decontaminatie kan een aanwijzing zijn voor een mogelijke inwendige besmetting, zeker als uitgebreide besmetting van het bovenlichaam/hoofd of wondbesmetting heeft plaatsgevonden.

- Neem waar mogelijk (afhankelijk van het aantal slachtoffers en de situatie) maatregelen om verspreiding van radioactief materiaal naar de omgeving zoveel mogelijk te voorkomen:
  - o Afdekken van de vloer (zeker indien poreus) met papier/plastic, afdekken van brancard/behandeltafel met plastic.
  - o Opvangen van verontreinigd spoelwater heeft de voorkeur. Vanwege de beperkte hoeveelheid materiaal dat de slachtoffers meedragen en de grote verdunning zijn geen milieu- of gezondheidsrisico's te verwachten als lozing op het riool toch moet plaatsvinden.

Bij een beperkte lokale besmetting van een enkele persoon met een radioactieve stof zal een gedeeltelijke natte decontaminatie zich richten op het beperken van verspreiding van radioactief materiaal. Dit in tegenstelling tot een lokale chemische besmetting waarbij de besmetting meestal eenvoudigweg kan worden afgespoeld.

#### Belangrijke aandachtspunten:

- Breng met een besmettingsmonitor de besmette delen van het lichaam in kaart en markeer deze met een stift.
- Voorkom verspreiding naar onbesmette delen van het lichaam van de patiënt door het gebied rondom de besmetting af te plakken met waterdicht materiaal en tape.
- Inhalatie van radioactieve stofdeeltjes door de patiënt kan worden voorkomen door de patiënt een mondkapje te geven.
- Maak met vochtige tissues cirkelbewegingen van de buitenkant van het besmette gebied naar het midden toe om de besmetting niet te verspreiden.
- Een wondbesmetting vereist specifieke aandacht en heeft prioriteit boven decontaminatie van de intacte huid (zie onder).

Let op: onmiddellijk optredende schade aan de huid is NIET het gevolg van straling maar kan fysisch/chemisch van aard zijn. Eerste tekenen van stralingschade (voorbijgaand erytheem of oedeem) bij een hoge stralingsdosis op de huid treedt op met een latentietijd van enkele uren.

#### Belangrijke aandachtspunten bij decontaminatie van wonden:

- Radioactieve scherven (bijv. door ontploffing van een 'vuile bom'):
  - o Scherven/deeltjes met een lange pincet verwijderen (afstand houden om zo de stralingsdosis van de hulpverlener te verminderen).
  - o In plastic zakje (gelabeld met 'Radioactief besmet', monsternamelocatie en gegevens van de patiënt) uit de buurt van personen bewaren voor latere analyse. Indien mogelijk: opslag in een loodpot bij hogere radioactiviteit (overleg hiervoor met de afdeling nucleaire geneeskunde of stralingsbeschermingsdienst van het ziekenhuis).
- Wonden uitspoelen met ruim lauwwarm water of fysiologische zoutoplossing (NaCl 0,9%) waarbij spoelwater wordt opgevangen. In geval van wondbesmetting met plutonium of americium (radioactief) kan worden gespoeld met een DTPA (di-ethyleentriaminepenta-azijnzuur) oplossing. DTPA bindt aan specifieke radioactieve stoffen en wordt ook als chelator gebruikt na inwendige besmettingen. Een voorraad DTPA is aanwezig bij het RIVM en kan worden uitgegeven via het NVIC.
- Adequaat wondtoilet, zeker in geval van (gemeten) restbesmetting.

De procedures voor het verwijderen van besmette kleding op een behandeltafel of brancard, natte decontaminatie van een lokale besmetting en decontaminatie van wonden worden beknopt in beeld gebracht in de REAC/TS handleiding 'The medical Aspects of Radiation Incidents pocket guide'.<sup>[real]</sup>

# 3. Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) in het ziekenhuis

Het is belangrijk dat ziekenhuispersoneel beschikt over adequate persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) om blootstelling aan gevaarlijk stoffen, door contact met een besmette patiënt, te voorkomen. Het optreden van gezondheidsklachten door secundaire blootstelling is onwenselijk en kan voor uitval van personeel zorgen en vervolgens ook de zorg aan patiënten belemmeren.

In dit hoofdstuk wordt allereerst aandacht besteed aan maatregelen die kunnen worden genomen om verhoogde blootstelling van ziekenhuispersoneel te voorkomen ([paragraaf 3.1](#)). Vervolgens worden de benodigde PBM in geval van een chemische besmetting ([paragraaf 3.2](#)) en in geval van een radioactieve besmetting ([paragraaf 3.3](#)) besproken. Voor de praktijk is de belangrijkste vraag: in welke situaties is het nodig om uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) te gebruiken.

Uit literatuuronderzoek en casuïstiek van het NVIC blijkt dat in de meeste situaties de PBM die hulpverleners al dragen (bescherming tegen direct huidcontact) volstaat om gezondheidsklachten door secundaire blootstelling te voorkomen. Dit geldt ook als patiënten zijn besmet met zeer toxische stoffen. Als hulpverleners wel gezondheidsklachten kregen, dan waren deze klachten mild en reversibel van aard. Om deze reden dienen levensreddende handelingen altijd doorgang te vinden, ook als de bescherming van de hulpverlener nog niet optimaal is ([hoofdstuk 4](#)).

## Beleid in Nederlandse ziekenhuizen

Hoewel in dit hoofdstuk wordt aangegeven wanneer uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) nodig zijn en wanneer niet, kan een ziekenhuis hier in haar beleid van afwijken. In de praktijk ziet het NVIC dat ziekenhuizen vaak sneller willen overgaan tot toepassing van uitgebreide PBM of voorschrijven deze altijd te gebruiken. Met uitgebreide bescherming is niet per sé iets mis maar deze werkwijze mag niet tot uitstel of belemmering van levensreddende handelingen leiden. Het uitbreiden van standaard PBM met alleen een half- of volgelaatsmasker kan relatief snel worden toegepast en kan in sommige situaties licht ongemak door stank voorkomen. Voorwaarde is wel dat het gebruik van maskers regelmatig geoefend wordt en deze op een goed bereikbare plek liggen. Het aantrekken van een complete uitrusting met zwaardere beschermingsgraad zal daarentegen meer tijd kosten. Als daarbij tevens chemicaliënbestendige butyl handschoenen worden ingezet dan is het ook belangrijk om te beseffen dat ingrepen als intuberen en het aanleggen van een infuus hiermee moeilijker uitvoerbaar zijn. Dit kan leiden tot een suboptimale behandeling van de patiënt.

Ziekenhuizen die een strenger beleid hanteren moeten weten dat het risico van secundaire blootstelling klein is, en dit communiceren naar hun medewerkers. Anders kan de beleving van 'noodzaak' van uitgebreide PBM worden geassocieerd met gevaar. De mogelijk resulterende angst voor secundaire blootstelling kan leiden tot het nemen van buitenproportionele maatregelen of tot het uitstellen van het verlenen van zorg. Ten slotte kan dit beleid voor onrust bij ambulancepersoneel zorgen, dat besmette patiënten veelal zonder uitgebreide bescherming vervoert (hetgeen prima kan, zie [hoofdstuk 6](#)) en dan bij het ziekenhuis wordt opgewacht door personeel in uitgebreide PBM.

Gezien bovenstaande nadelen, raadt het NVIC aan om uitgebreide PBM alleen te gebruiken in de zeldzame gevallen dat dit echt nodig is en zoals in dit hoofdstuk beschreven.

## 3.1. Blootstelling beperken

In de praktijk is het optreden van milde klachten bij ziekenhuispersoneel vaak het gevolg van speciale omstandigheden die de blootstelling verhogen.<sup>[gro5]</sup> Bij waarneming van een penetrante geur wordt een patiënt bijvoorbeeld geïsoleerd in een slecht geventileerde ruimte of wordt de ventilatie op de spoedeisende hulp uitgezet. Deze maatregelen verhogen de luchtconcentratie van de stof die de geur veroorzaakt, met nog meer geurhinder en mogelijk gezondheidsklachten van ziekenhuispersoneel tot gevolg.

### Blootstelling van hulpverleners kan als volgt worden beperkt:

- Zorg voor (behoud van) een goede ventilatie (vluchtige vloeistoffen).
  - De gebruikelijke ventilatie in een decontaminatieruimte en in een standaard behandelkamer van een spoedeisende hulp is voldoende.
  - Patiënt niet isoleren in een slecht geventileerde ruimte.
  - Ventilatie niet uitzetten.
- Kleding voorzichtig verwijderen om opdarrelen van stof te voorkomen (poeder/deeltjes besmetting).
- Was de contactplaats bij secundaire huidbesmetting snel met water en eventueel milde zeep. Een huidblootstelling kan worden veroorzaakt door:
  - Contact met besmette huid/kleding van de patiënt.
  - Contact met braaksel van de patiënt.
- Braaksel of maaginhoud na maagspoeling moet adequaat (snel en volledig) worden opgeruimd/afgevoerd om mogelijke inhalatieblootstelling door verdamping van vluchtige stoffen of gasvorming te voorkomen (direct huidcontact zal bij normale hygiënische maatregelen worden voorkomen).
- Gebruik voor beademing een Ambu Bag en pas geen directe ‘mond-op-mondbeademing’ toe na inname van een gevaarlijke stof door een patiënt. Dit voorkomt blootstelling aan:
  - Chemicaliën in de uitademingslucht van de patiënt (het risico zal echter klein zijn want de hulpverlener ademt uit).
  - Chemicaliën die aanwezig zijn op de lippen en rond de mond van de patiënt.
- Wissel personeelsleden indien zij klachten ervaren, bijv. elke tien à twintig minuten. Het kan voorkomen dat hulpverleners klachten ervaren door een sterke ‘vieze’ geur, bijvoorbeeld van oplosmiddelen in consumenten- of professionele producten.
- De hoeveelheid materiaal die een patiënt meedraagt naar het ziekenhuis is over het algemeen beperkt (zie [paragraaf 4.1.2](#)). Er zijn echter casus bekend waarin een slachtoffer met een uitgebreide besmetting naar het ziekenhuis is vervoerd (terwijl volgens protocol ernstig besmette kleding voor vervoer moet worden verwijderd). Dit leidde tot (stank)klachten bij ambulance- en ziekenhuispersoneel na besmettingen met mest uit een gierput en benzine na transportongevallen. In deze uitzonderlijke situaties is het verstandig om ernstig besmette kleding (buitenste laag) zo mogelijk al te verwijderen voordat verdere decontaminatie in een binnenruimte van de spoedeisende hulp plaatsvindt.
- In geval van radioactieve stoffen: Afstand houden van de patiënt zal de opgelopen stralingsdosis verminderen waarbij geldt dat ‘het stralingsniveau omgekeerd evenredig is aan het kwadraat van de afstand’ (kwadratenwet). Als de afstand tot de bron twee keer zo groot wordt neemt de stralingsdosis met een factor vier af (afstand 3x zo groot, factor 9, etc.). Afstand houden is vooral belangrijk bij het verwijderen van radioactieve scherven. Gebruik hiervoor lange pincetten.

## 3.2. PBM bij patiënt besmet met chemische stof

Op basis van de mate van besmetting van de patiënt, de toxiciteit en de fysische eigenschappen van de betrokken stof(fen), en de verwachte duur van de blootstelling en de blootstellingsroute van de hulpverleners kunnen de benodigde persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) worden bepaald.

Voor de praktijk kan onderscheid worden gemaakt in:

- Standaard PBM (paragraaf 3.2.1)  
In dit document samengevat als: 'handschoenen, schort, mondneusmasker, oogbescherming'. Deze beschermingsmiddelen voorkomen direct contact met de chemicaliën, zijn standaard bij ziekenhuizen aanwezig en zijn snel toe te passen. Het is vergelijkbaar met behandeling van met Covid-19 besmette patiënten of toepassen van het 'MRSA'-protocol. Internationaal wordt deze beschermingsgraad aangeduid als 'level D'.
- Uitgebreide PBM (paragraaf 3.2.2)  
In dit document samengevat als: 'adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen'. Het belangrijkste verschil met standaard PBM is dat adembescherming met een combinatiefilter, in een vol- of halfgelaatsmasker, wordt toegepast dat beschermt tegen gas/damp en stofdeeltjes. Daarnaast worden vloeistofdichte en chemicaliënbestendige 'overall' en handschoenen gedragen. Om dit te kunnen toepassen moeten ziekenhuizen voorbereidingen treffen (aanschaf, oefenen; zie aanbevelingen in paragraaf 5.1). Internationaal wordt deze beschermingsgraad aangeduid als 'level C'.

Bescherming van hulpverleners in het ziekenhuis hoeft niet verder te gaan dan deze 'level C' beschermingsgraad.<sup>[geo,hol]</sup> Een volledig ondoordringbaar gaspak met gebruik van perslucht ('level B'), zoals soms in het incidentgebied wordt gebruikt, is niet nodig bij decontaminatie in het ziekenhuis.

Na volledige decontaminatie (geen restbesmetting) kan de patiënt door hulpverleners zonder speciale PBM (normale werkkleding) verder worden behandeld.

### 3.2.1. Standaard PBM

Normale hygiënische voorzorgsmaatregelen en standaard PBM (handschoenen, schort, mondneusmasker, oogbescherming) bieden voldoende bescherming bij chemische besmettingen van een enkele patiënt door een incident met een chemische stof in een thuis- of werksituatie. Medische handschoenen (bij voorkeur nitril) en bedekkende kleding voorkomen direct huidcontact met de chemische stof. Een medisch mondneusmasker (chirurgisch type IIR of bij voorkeur een FFP2 adembeschermingsmasker), oogbescherming (spatmasker/veiligheidsbril) en haarnetje/muts zijn aan te raden in geval van uitgebreide besmetting met stofdeeltjes. (Spat)waterdichte kledingbescherming (bijv. plastic spatschort met lange mouwen) en oogbescherming (spatmasker/veiligheidsbril) zijn aan te raden bij (gedeeltelijke) natte decontaminatie. N.B. een FFP2 masker (richtlijn EN149) komt overeen met een N95 masker volgens Amerikaanse 'N95-norm'.

Standaard PBM zijn voldoende bij:

- Besmetting van de patiënt met
  - vaste stofdeeltjes, zoals traangas (paragraaf 4.2.2.1) of metalen in poedervorm,
  - weinig vluchtige stoffen, zoals zuren en logen (direct huidcontact; paragraaf 4.2.1) en
  - vluchtige chemicaliën in consumenten- en professionele producten, bijv. door een ongeluk tijdens gebruik of door braken na inname van het product.  
Denk hierbij aan oplosmiddel (paragraaf 4.2.3.1) bevattende producten, zoals bestrijdingsmiddelen (paragraaf 4.3.1) (actieve stof weinig vluchtig).

- Vrijkomen van giftige gassen uit de maag die zijn gevormd door contact van de ingenomen stof met water/maagzuur of aanwezig in uitademingslucht na absorptie, zoals fosfideverbindingen ([paragraaf 4.3.3](#)), natriumazide ([paragraaf 4.3.4](#)) of cyanideverbindingen ([paragraaf 4.3.5](#)).
- Restbesmetting van de huid als de kleding al is verwijderd voor aankomst in het ziekenhuis.

Hoewel een mondneusmasker niet beschermt tegen damp/gas, is de hoeveelheid die hiervan vrijkomt in bovenstaande gevallen zeer beperkt en leidt secundaire blootstelling over het algemeen niet tot gezondheidsklachten bij hulpverleners (zie [hoofdstuk 4](#)). Het is bij het toepassen van deze 'standaard PBM' wel belangrijk om maatregelen te nemen om mogelijke inhalatieblootstelling van hulpverleners te beperken (zie [paragraaf 3.1](#)).

### 3.2.2. Uitgebreide PBM

Uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) kunnen worden overwogen in geval van:

- Uitgebreide besmetting met een (zeer) toxische vluchtige stof (kleding niet verwijderd).
  - In de praktijk zal het zelden voorkomen dat een slachtoffer een dergelijke besmetting meedraagt naar het ziekenhuis ([paragraaf 4.1.2](#)). Een vluchtig strijdmiddel zoals sarin wordt gezien als een realistisch (maar beperkt) risico.<sup>[geo]</sup>
- Triage en volledige decontaminatie van grotere groepen slachtoffers.
  - Ook bij minder gevaarlijke besmettingen kan blootstelling van hulpverleners toenemen door langdurig contact met meerdere besmette slachtoffers.

Dit scenario zal zich waarschijnlijk voordoen als gevolg van een grootschalig industrieel- of transportincident of terroristische aanslag.

Uitgebreide PBM bestaan in deze bovengenoemde weinig voorkomende gevallen uit: <sup>[boe,nab,hic,cox]</sup>

- Handschoenen.
  - Goede combinatie van bescherming en gebruiksvriendelijkheid: nitril handschoenen, eventueel twee paar over elkaar heen. Deze zijn dun en flexibel en hebben een hogere resistentie tegen chemicaliën dan latex handschoenen (maar beschermen niet tegen aldehyden, gehalogeneerde of aromatische koolwaterstoffen).<sup>[cox]</sup>
  - Butyl handschoenen geven betere bescherming tegen chemicaliën maar zijn minder gebruiksvriendelijk (stugger en dikker). Medische handelingen zoals intuberen en het aanleggen van een infuus zijn moeilijker uit te voeren.
  - Optimale bescherming: dubbele laag van één paar butyl handschoenen over één paar nitril handschoenen.<sup>[osh,hic,cox]</sup> Minder gebruiksvriendelijk (zie boven).
  - Latex handschoenen bieden beperkte bescherming tegen veel chemische stoffen. Latex handschoenen kunnen eventueel wel worden gebruikt bij natte decontaminatie omdat door het spoelen met overvloedig water hoge blootstelling aan de chemische stof(fen) onwaarschijnlijk is.
- Adembescherming met combinatiefilter dat beschermd tegen gas/damp en stofdeeltjes, als onderdeel van een half- of volgelaatsmasker.
- Oogbescherming (indien half gelaatsmasker): veiligheidsbril.
- Bescherming tegen huidblootstelling: vloeistofdicht en chemicaliënbestendig 'overall'.
- Muts (indien geen onderdeel van de 'overall').
- Overschoenen of laarzen.
- Openingen tussen verschillende onderdelen van de PBM, zoals van overall naar handschoenen, kunnen worden gedicht met tape.

### 3.3. PBM bij patiënt besmet met radioactieve stof

Normale hygiënische voorzorgsmaatregelen en standaard PBM (handschoenen, schort, mondneusmasker, oogbescherming) bieden voldoende bescherming van de hulpverlener. Dit voorkomt huidbesmetting door direct contact en inwendige besmetting door inhalatie van radioactief materiaal (als vaste stofdeeltjes). Het is vergelijkbaar met behandeling van met Covid-19 besmette patiënten of met het toepassen van het 'MRSA'-protocol. Internationaal wordt deze beschermingsgraad aangeduid als 'level D'.

Indien de tijd en de toestand van de patiënt dit toelaten (en anders direct na levensreddende handelingen) heeft de volgende complete uitrusting de voorkeur:<sup>[rea]</sup>

- FFP2 adembeschermingsmasker.
- Oogbescherming: spat masker ('face shield') of veiligheidsbril.
- Dubbele handschoenen (latex of nitril).
  - Eén paar handschoenen wordt uitgedaan nadat kleding is weggeknipt en patiënt op brancard moet worden 'omgerold'.
- Bescherming tegen huidblootstelling: (spat)waterdicht schort met lange mouwen of vloeistofdicht 'overall'.
- Muts (indien niet onderdeel van 'overall').
- Overschoenen of laarzen.
- Openingen tussen verschillende onderdelen van de PBM, zoals van overall/schort naar handschoenen, kunnen worden gedicht met tape.
- Persoonsdosimeter voor monitoren van de stralingsdosis.

De stralingsdosis die kan worden opgelopen door behandeling van de patiënt kan goed in kaart worden gebracht door metingen. Voor personeel dat gedurende langere tijd met een patiënt bezig is (bijvoorbeeld tijdens decontaminatie) is het aan te raden een direct uitleesbare persoonsdosimeter te dragen om de stralingsdosis in kaart te brengen. Metingen zijn ook belangrijk om achteraf de eventuele onrust over de mogelijke secundaire besmetting/ontvangen stralingsdosis in perspectief te plaatsen. Overleg over de mogelijkheden tot meting met de klinisch fysicus, de afdeling nucleaire geneeskunde of de stralingsbeschermingsdienst van het ziekenhuis.

Let op: het is voor de hulpverlener NIET nodig om afscherpende maatregelen te nemen zoals bijvoorbeeld het dragen van een loodschort.

Bij grootschalige decontaminatie van meerdere slachtoffers (bijv. een vuile bom scenario) kan de decontaminatieprocedure voor een grootschalig chemisch incident worden aangehouden. De uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) toegepast voor een chemische besmetting (zie [paragraaf 3.2.2](#)), geven meer dan voldoende bescherming voor de omgang met radioactief besmette slachtoffers.

Na volledige decontaminatie (geen restbesmetting) kan de patiënt door hulpverleners zonder speciale PBM (normale werkkleding) verder worden behandeld.



# 4. Risico hulpverleners in het ziekenhuis

Secundaire blootstelling met een chemische of radioactieve stof kan optreden door contact met een besmette patiënt die nog niet is gedecontamineerd. Daarnaast kunnen na inname van sommige verbindingen giftige gassen vanuit de maag vrijkomen of in de uitademingslucht aanwezig zijn.

In dit hoofdstuk wordt uitgelegd welk risico een hulpverlener in het ziekenhuis loopt bij behandeling en decontaminatie van een chemisch besmette patiënt ([paragraaf 4.1](#)). Vervolgens wordt nader ingegaan op de verschillende secundaire blootstellingsroutes ([paragraaf 4.2](#)). Een aantal chemische stoffen, waarover relatief vaak onrust ontstaat, wordt uitgebreid besproken ([paragraaf 4.3](#)). Hierbij worden meldingen van gezondheidsklachten door secundaire blootstelling in de literatuur in perspectief geplaatst. Ten slotte komt het risico van een radioactief besmette patiënt aan bod ([paragraaf 4.4](#)). Veel informatie over secundaire blootstelling in dit hoofdstuk is afkomstig uit een door het NVIC in het wetenschappelijke tijdschrift *Clinical Toxicology* gepubliceerd [review artikel](#).<sup>[gro5]</sup>

Samenvattend is het risico op secundaire blootstelling van de hulpverlener geen reden om levensreddende zorg uit te stellen. Indien de tijd dat toelaat, of anders direct na levensreddende handelingen, kunnen zo nodig de persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) van de hulpverlener worden uitgebreid (zie [hoofdstuk 3](#)).

## Buitenproportionele maatregelen moeten worden voorkomen

De toegenomen aandacht voor de eigen veiligheid en de betere beschikbaarheid van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) voor de opvang van (grote aantallen) chemisch besmette patiënten kan leiden tot een overschatting van het risico bij kleinschalige incidenten.

Bewustwording van het beperkte risico is belangrijk omdat een overschatting in combinatie met angst voor secundaire blootstelling kan leiden tot buitenproportionele maatregelen:

- mogelijk vertraagde of niet optimale behandeling van een besmette patiënt en
- verstoring van zorg aan andere patiënten in geval van evacuatie van de spoedeisende hulp.

Meldingen aan het NVIC die dit illustreren: <sup>[gro,gro4,gro5]</sup>

- Een man kreeg bij een bedrijfsongeval een [bijtende vloeistof](#) over zijn been. Hij douchte thuis en presenteerde zich op de spoedeisende hulp. De behandelend arts kreeg lichte ademhalingsklachten waarna een deel van de spoedeisende hulp werd ontruimd. Ambulances moesten uitwijken naar andere ziekenhuizen. De brandweer verrichtte met adembescherming metingen maar vond geen verhoogde concentraties gevaarlijke stoffen.
- Een man die een niet-vluchtig [bestrijdingsmiddel](#) (paraquat) had ingenomen, werd vóór vervoer naar het ziekenhuis gedecontamineerd vanwege besmetting met braaksel. Een ambulancemedewerker kreeg last van nekpijn en hoofdpijn. In het ziekenhuis werden uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) gebruikt. Toch werden enkele hulpverleners onwel na behandeling van de patiënt, die 16 uur na inname overleed. Vervolgens meldde een mortuariummedewerker gezondheidsklachten, hoewel de overledene in een luchtdichte lijkzak was geplaatst.
- Een man die een suïcidepoging deed door inname van twee [aluminiumfosfide](#) tabletten werd bij aankomst bij het ziekenhuis niet toegelaten op de spoedeisende hulp en werd uren lang buiten in een decontaminatietent verpleegd.

## 4.1. Beperkt risico van een chemisch besmette patiënt

Het optreden van gezondheidsklachten bij medische hulpverleners na contact met een chemisch besmette patiënt komt zeer zelden voor. In die gevallen dat secundaire toxiciteit in de wetenschappelijke literatuur is gemeld, zijn de symptomen mild en reversibel van aard, zelfs als zeer toxische stoffen betrokken zijn (paragraaf 4.1.1). De oorzaak is vaak een verhoogde blootstelling van hulpverleners door speciale omstandigheden, bijv. het uitzetten van de ventilatie in de ruimte of uitdamping/gasvorming vanuit braaksel (of maaginhoud na maagspoelen) na inname van gevaarlijke stoffen. Er kunnen maatregelen worden genomen om deze situaties te voorkomen (paragraaf 3.1).

Normale hygiënische voorzorgen, waaronder gebruik van handschoenen, voorkomen direct huidcontact. Hiermee is inhalatie de relevante secundaire blootstellingsroute. De hoeveelheid materiaal die een patiënt meedraagt naar het ziekenhuis (paragraaf 4.1.2) en waaruit verdamping kan plaatsvinden, of de hoeveelheid van een gas die vanuit de maag van de patiënt vrijkomt na inname van een stof (of in de uitademingslucht aanwezig is na absorptie), is over het algemeen beperkt. Hiermee dus ook de secundaire blootstelling van ziekenhuispersoneel. De concentratie in een ziekenhuis zal door de 'patiënt als bron' niet heel hoog oplopen en de situatie is niet te vergelijken met een blootstelling aan de primaire bron in het incidentgebied (paragraaf 6.1).

### 4.1.1. Secundaire toxiciteit is zeldzaam en gemelde klachten zijn mild

Het optreden van gezondheidsklachten bij hulpverleners in het ziekenhuis door contact met een chemisch besmette patiënt komt heel weinig voor. In de periode van 2006 t/m 2021 is bij het NVIC slechts twee keer melding gedaan van milde gezondheidsklachten bij ziekenhuispersoneel waarbij een relatie met secundaire blootstelling waarschijnlijk was:

- Irritatie van de ogen door dampen van chloorbleekmiddel.
- Huidirritatie door direct huidcontact met zwavelzuur.

In deze periode werd het NVIC vanuit het ziekenhuis of de ambulancedienst geraadpleegd over in totaal ongeveer 4400 blootgestelde patiënten: 2000 keer huidcontact en 2400 keer intentionele inname (aantal keer braken niet duidelijk). Het ging hierbij om huishoudmiddelen, bestrijdingsmiddelen, desinfectantia, doe-het-zelfproducten en industriële stoffen.

Ook uit een analyse van ruim 120.000 incidenten waarbij gevaarlijke chemische stoffen vrijkwamen, in de Verenigde Staten in de periode 1996-2013, blijkt dat gezondheidsklachten door secundaire blootstelling zelden voorkomen.<sup>[hor,hor2,lar]</sup> Over de gehele periode is niet duidelijk in hoeveel van deze incidenten ook daadwerkelijk slachtoffers naar het ziekenhuis werden vervoerd. Voor een deelverzameling van ruim 44.000 incidenten wordt wel aangegeven dat dit bij ruim 2500 incidenten het geval was. Dit zou voor het totale aantal incidenten betekenen dat in ongeveer 7000 hiervan *mogelijk* besmette slachtoffers naar het ziekenhuis werden vervoerd. In 9 gevallen werden door hulpverleners op de spoedeisende hulp milde gezondheidseffecten gemeld door secundaire blootstelling. Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) werden *niet* gebruikt.

In 2021 heeft het NVIC een review artikel over het risico van secundaire blootstelling gepubliceerd in het wetenschappelijk tijdschrift *Clinical Toxicology*.<sup>[gro5]</sup> Na een uitgebreide analyse van de literatuur uit de periode van 1985 t/m 2020 werden in deze 35 jaar in totaal 23 casusbeschrijvingen gevonden waarbij gezondheidsklachten bij hulpverleners in het ziekenhuis werden gemeld (inclusief de 9 hierboven genoemde gevallen). Betrokken stoffen waren o.a. organofosfaat insecticiden (actieve stof relevant bij huidcontact, oplosmiddel bij inhalatie), natriumazide ('zelfdodingspoeder'), fosfideverbindingen, irriterende vaste stoffen (zoals 'traangas' of pepperspray), zuren en logen.

De enige blootstelling met serieuze toxische effecten betrof een *onbeschermde huidblootstelling* aan een organofosfaat insecticide. Deze casus riep in de literatuur veel discussie op (zie voor een

gedetailleerde bespreking [paragraaf 4.3.1](#)). Bij alle overige incidenten waren de gezondheidsklachten bij hulpverleners in het ziekenhuis mild en reversibel van aard. De meest gerapporteerde symptomen waren misselijkheid (12x), irritatie van de luchtwegen (11x), oogirritatie (10x), hoofdpijn (9x), duizeligheid (6x) en braken (4x). Over het algemeen kunnen de gemelde symptomen veroorzaakt zijn door inhalatoire blootstelling aan de betrokken stoffen, maar in sommige casus kan angst of een reactie op een vieze geur ook een verklaring zijn voor de opgetreden effecten.

In die gevallen waarin secundaire toxiciteit optrad was vaak sprake van speciale omstandigheden waardoor een relatief hoge blootstelling kon plaatsvinden:

- Behandeling in een ruimte met slechte ventilatie (patiënt geïsoleerd) of het uitzetten van de ventilatie. Luchtconcentraties kunnen hierdoor oplopen.
- Terugkomen van maaginhoud door maagspoelen of braken (soms na inname van grote hoeveelheden). Verdamping of gasvorming gaat door totdat maaginhoud/braaksel volledig is opgeruimd of afgedekt.
- Decontaminatie van meerdere personen waardoor er langduriger contact is. Dit was het geval in twee van de drie incidenten met patiënten die waren blootgesteld aan traangas.
- Door het ontbreken van standaard PBM en hierdoor direct huidcontact is in een aantal casus irritatie van de huid en één keer brandwonden opgetreden. Daarnaast is opname van een organofosfaat insecticide door de huid waarschijnlijk de oorzaak geweest van ernstige systemische toxiciteit. Deze directe huidblootstellingen hadden voorkomen kunnen worden door gebruik van standaard PBM, waaronder handschoenen.

De omstandigheden worden in de gepubliceerde casus echter niet altijd duidelijk beschreven. In de publicaties richt de aandacht zich voornamelijk op het risico van een chemisch besmette patiënt, de gezondheidsklachten bij de hulpverlener(s) en de maatregelen die zijn genomen. Opvallend vaak is bij deze incidenten de spoedeisende hulp (gedeeltelijk) gesloten. De boodschap is meestal (al dan niet impliciet): *“een besmette patiënt is een groot risico”* en *“uitgebreide maatregelen hebben erger voorkomen”*. Een kritische evaluatie ontbreekt vaak ook na incidenten in Nederlandse ziekenhuizen.

In de wetenschappelijke literatuur kwam naar aanleiding van enkele publicaties wel een tegengeluid vanuit landen met een hoge incidentie met specifieke intoxicaties:

- In India komt inname van aluminiumfosfide veel voor: rond 15.000 blootstellingen per jaar. Hulpverleners nemen geen speciale maatregelen tijdens reanimatie en behandeling.<sup>[chr]</sup>
- In Sri Lanka vinden jaarlijks duizenden intoxicaties met organofosfaat insecticiden plaats. Slechts incidenteel worden milde gezondheidsklachten bij hulpverleners gemeld die worden toegeschreven aan blootstelling aan het oplosmiddel in deze producten.<sup>[lid,rob,and]</sup>

Het is dus belangrijk om de incidentele meldingen van secundaire toxiciteit kritisch te evalueren en in perspectief te plaatsen. Dit wordt voor een aantal gevaarlijke stoffen gedaan in [paragraaf 4.3](#).

#### Worst case situatie

Bij uitwendige besmetting van de huid met (vluchtige) vloeistoffen (dus niet bij inname) gaat het vaak om zuren, logen of oplosmiddelen in bestrijdingsmiddelen die in huishoudens worden gebruikt. De vraag is of bij stoffen met een hogere toxiciteit wel ernstige secundaire toxiciteit zou kunnen optreden door inhalatie na verdamping. Georgopoulos en collega's<sup>[geo]</sup> analyseerden een selectie van industriële chemicaliën en strijdmiddelen en identificeerden een besmetting met het organofosfaat strijdmiddel sarin als realistisch gevaar voor ziekenhuispersoneel.

Hier is ervaring mee door de aanslagen in de metro van Tokio in 1995 (zie [paragraaf 4.3.2](#)). Conclusie: zelfs bij artsen die zonder aanvullende persoonlijke beschermingsmiddelen aan sarin blootgestelde patiënten behandelden bleven de klachten relatief beperkt.<sup>[oku,oku2]</sup> Uiteraard is in dit geval goede (adem)bescherming erg belangrijk (zie [paragraaf 3.2](#)) maar het geeft wel aan dat zelfs als persoonlijke bescherming nog niet optimaal is, geen ernstige problemen te verwachten zijn.

#### 4.1.2. Hoeveelheid materiaal op een besmette patiënt is beperkt

Het beperkte risico op gezondheidsklachten door secundaire blootstelling is te verklaren doordat de hoeveelheid materiaal die een patiënt meedraagt naar het ziekenhuis over het algemeen beperkt is:

- Bij grote industriële- of transportincidenten worden slachtoffers vaak blootgesteld aan damp of gas na brand of explosie. Slachtoffers in het incidentgebied kunnen zo een gevaarlijke inhalatieblootstelling oplopen. Gas blijft echter beperkt in kleding van slachtoffers hangen en damp zal maar in beperkte mate condenseren op huid en kleding.
  - Evenzo zal bij een terroristische aanslag een gevaarlijke stof worden verspreid door bijv. een explosie of door verneveling en hierdoor treedt ook een aanzienlijke ‘verduunning’ op.
    - Georgopoulos en collega’s<sup>[geo]</sup> gaan uit van een maximale hoeveelheid van 100 gram waarmee een slachtoffer kan worden besmet in het geval van verspreiding van een stof bij een terroristische aanslag. Ze geven ook aan dat in geval van zeer toxische stoffen, zoals sarin, een slachtoffer een dergelijke blootstelling niet zal overleven. De besmetting waarmee een slachtoffer levend het ziekenhuis bereikt zal lager zijn.
  - Zeker na blootstelling aan damp (condensatie op de huid) maar ook in geval van blootstelling aan zeer vluchtige vloeistoffen zal een groot deel van de besmetting al weer zijn verdampt vóór aankomst in het ziekenhuis.<sup>[geo]</sup> Zie paragraaf 4.2.3.
- N.B. Is een stof niet vluchtig dan wordt deze wel megedragen maar veroorzaakt deze niet snel problemen als direct huidcontact wordt voorkomen door gebruik van handschoenen.
- Vaak zal besmette kleding vóór vervoer naar het ziekenhuis worden verwijderd en hiermee al zo’n 70-90%<sup>[chi,cox]</sup> van de totale besmetting. Er blijft dan een beperkte restbesmetting over.
    - Bij grote incidenten verzorgt de brandweer de decontaminatie van besmette slachtoffers in het incidentgebied. Bij T1-slachtoffers (ABC-instabiel, snelle behandeling nodig) is de standaardprocedure om ten minste kleding te verwijderen.
    - Aan ambulancemedewerkers wordt aangeraden om vóór vervoer een patiënt van ernstig besmette kleding te ontdoen om blootstelling tijdens vervoer te beperken. Zie paragraaf 6.2.1.

Besmette slachtoffers kunnen zich natuurlijk ook op eigen gelegenheid en zonder zich eerst te ontsmetten, bij het ziekenhuis presenteren:

- Zogenaamde ‘zelfverwijzers’ na grote incidenten. Mogelijk dat ambulante slachtoffers hierbij niet de hoogste besmetting hebben opgelopen.
- Besmette personen vanuit de thuissituatie. Hierbij zal het vaak gaan om een beperkte besmetting door ongelukjes tijdens normaal gebruik of door braken na inname. Over het algemeen zijn consumentenproducten betrokken. Deze producten hebben lagere concentraties gevaarlijke stoffen dan industriële producten.

Voor het optreden van gezondheidsklachten moet vervolgens vanuit een beperkte uitwendige besmetting voldoende materiaal ofwel opwarrelen (vaste stofdeeltjes, zie paragraaf 4.2.2) ofwel verdampen (vluchtige vloeistof, zie paragraaf 4.2.3). Een significante inhalatieblootstelling van ziekenhuispersoneel zal op deze manier niet snel plaatsvinden. Zeker niet bij een enkele patiënt en bij besmetting met gangbare chemicaliën in bijv. consumenten- en professionele producten.

## 4.2. Blootstellingsroutes bij secundaire blootstelling

Na een incident met een gevaarlijke stof kan een patiënt besmet zijn met een vaste stof of een vloeistof. Gassen worden niet of zeer beperkt megedragen.

Mogelijke blootstellingsroutes voor secundaire blootstelling van ziekenhuispersoneel:

- Direct huidcontact met besmette huid, kleding of braaksel van de patiënt (paragraaf 4.2.1).
- Inhalatie door opwarrelen van vaste stofdeeltjes (paragraaf 4.2.2).
- Inhalatie door verdamping van vluchtige vloeistof (paragraaf 4.2.3).

- Inhalatie van gassen die zijn gevormd in de maag van de patiënt of die aanwezig zijn in de uitademingslucht ([paragraaf 4.2.4](#)).

In de volgende paragrafen worden de verschillende blootstellingsroutes en het risico op secundaire blootstelling via deze routes kort besproken.

#### 4.2.1. Direct huidcontact

Normale hygiënische voorzorgen waaronder bedekkende werkkleding en handschoenen voorkomen direct huidcontact met een besmetting. Als toch een secundaire huidblootstelling optreedt, zijn de volgende stofgroepen relevant:

- Stoffen met een direct effect op de huid (irriterend/corrosief), zoals:
  - Sterke zuren of sterke basen.
  - Waterstoffluoride.
- Toxische stoffen die worden geabsorbeerd door de huid, zoals:
  - Fenol.
  - Aniline.
  - Organofosfaat insecticiden.
  - Organofosfaat strijdmiddelen zoals sarin, tabun, VX, novitsjoks (vloeistoffen).

Droog poeder (bijv. natriumazide) zal niet snel door de huid worden opgenomen maar dit kan niet worden uitgesloten na langdurig contact, afdekken en vochtig worden door zweten. Opname kan verhoogd zijn in geval van een beschadigde huid.

Indien stoffen niet bijtend zijn en niet worden geabsorbeerd geeft direct huidcontact geen problemen. Hierbij kan worden opgemerkt dat veel stoffen wel enigszins irriterend zijn voor de huid, waardoor na (langdurige) inwerking klachten kunnen ontstaan zoals roodheid, huiduitslag en jeuk.

Zowel de ernst van de directe effecten als de mate van absorptie hangen af van de concentratie van de stof, het blootgestelde huidoppervlak en de blootstellingsduur. Bij een beschadigde huid (al dan niet veroorzaakt door de besmetting zelf) zal de opname groter zijn. De blootstellingsduur kan worden beperkt door na onbeschermd huidcontact met de stof de contactplaats direct te wassen. Het secundair besmette huidoppervlakte is naar verwachting beperkt (bijv. een deel van de hand).

#### 4.2.2. Inhalatie van vaste stofdeeltjes

Hierbij kan het gaan om besmettingen met vaste stofdeeltjes zoals metalen in poedervorm of irriterende stoffen zoals traangas ([paragraaf 4.2.2.1](#)) en sommige radioactieve stoffen ([paragraaf 4.4.1](#)). Hulpverleners kunnen door 'opdwarrelen' (resuspensie) secundair worden blootgesteld. Bij een voorzichtige decontaminatie (niet wapperen met kleding) en standaard persoonlijke beschermingsmiddelen, waaronder mondneusmasker (bij voorkeur FFP2) en veiligheidsbril is de inhalatieblootstelling aan vaste stofdeeltjes beperkt. Zeker in geval van een enkele besmette patiënt.

Schultz en collega's<sup>[sch]</sup> onderzochten de concentratie stofdeeltjes in de 'ademzone' als gevolg van het uitvoeren van droge decontaminatie in een afgesloten, niet geventileerde ruimte. Hiervoor werd kleding (katoenen shirt, broek en ondergoed) op een plastic 'etalagepop' uitgebreid besmet met een mengsel van ijzeroxide- en zinkoxidepoeder van inhaleerbare deeltjesgrootte ('*clothing was saturated with the compounds*'). Gedurende 2,5 minuten werd kleding weggeknipt en in een container geplaatst waarbij het ontstaan van 'stofwolkjes' werd opgemerkt. Vervolgens werd de pop gedurende 3 minuten afgeborsteld. De totale gemeten stofconcentratie lag onder de wettelijke grenswaarde voor werknemers. Hierbij geven ze aan dat de concentratie ook afhankelijk is van de dichtheid van de deeltjes: zijn deze lichter dan kan de concentratie in de lucht hoger zijn. Daarnaast hangt het risico natuurlijk af van de toxiciteit van de betrokken stof en geven de auteurs aan dat voor bijv. een organofosfaat in poedervorm de gemeten concentratie gevaarlijk kan zijn.

Bij dit onderzoek kan verder nog worden opgemerkt dat in de praktijk een patiënt niet snel een dergelijke 'maximaal mogelijke besmetting' zal meedragen ([paragraaf 4.1.2](#)).

#### 4.2.2.1. Irriterende vaste stoffen

Een beperkt risico vormen besmettingen met irriterende vaste stoffen zoals 'traangassen', een groep van vaste stoffen die de slijmvliezen hevig irriteren. Voorbeelden zijn 'traangassen' zoals CS-gas (0-Chloro-benzylidene malononitrile) en CN-gas (chlooracetofenon) en 'pepperspray' (capsaïcine).

Het traangas wordt toegepast in aerosol vorm (werkzame stof in oplosmiddel) en kan op de huid en kleding van een slachtoffer achterblijven als vaste stofdeeltjes na verdampen van het oplosmiddel.

In de door het NVIC geanalyseerde literatuur<sup>[gro5]</sup> wordt drie keer melding gemaakt van secundaire blootstelling van ziekenhuispersoneel bij behandeling en decontaminatie van slachtoffers besmet met traangas of 'pepperspray'.<sup>[hor,ho3,mor]</sup> In twee gevallen ging het om meerdere slachtoffers. De gemelde gezondheidseffecten waren mild: irritatie van huid, ogen en luchtwegen.

Een interessant voorbeeld:<sup>[mor]</sup>

- Na blootstelling aan CS-gas in een nachtclub werden 24 patiënten op de spoedeisende hulp gepresenteerd. Patiënten met milde klachten werden buiten behandeld en degenen met ernstiger symptomen (druk op de borst, piepende ademhaling, misselijkheid) werden binnen opgevangen. Twee verpleegsters ontkleedden daar meer dan een dozijn slachtoffers. Na 20 minuten werken kregen ze last van pijnlijke ogen en keel. Het werk kon worden voortgezet met elke 10 minuten een pauze. Bij dit incident werden mondneusmaskers en oogbescherming gebruikt (als enige van de drie casus). Het type bescherming is niet gespecificeerd en het al dan niet juiste gebruik wordt in de publicatie niet bediscussieerd. Het is echter wel voor te stellen dat na langdurige blootstelling gezondheidsklachten kunnen optreden omdat deze PBM niet compleet afschermt.
  - o Pauze of rouleren van personeel kan een praktische oplossing zijn, zie [paragraaf 3.1](#).
  - o Echter, bij decontaminatie van grote groepen slachtoffers kan ook bij minder gevaarlijke besmettingen worden overwogen om uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) te gebruiken, zoals aangeraden in [paragraaf 3.2.2](#).

#### 4.2.3. Inhalatie door verdamping van vluchtige vloeistoffen

Over het algemeen kan worden gesteld dat er maar weinig stoffen zijn die zowel een hoge toxiciteit als een zodanige mate van vluchtigheid hebben dat ze een inhalatierisico vormen voor hulpverleners in het ziekenhuis. Hierbij wordt ervan uit gegaan dat de hoeveelheid materiaal die door een patiënt wordt meedragen naar het ziekenhuis beperkt is ([paragraaf 4.1.2](#)).

Voor het risico op inhalatie door verdamping vanuit een vloeistofbesmetting is de mate van vluchtigheid (dampspanning) van de betrokken stof(fen) van belang:<sup>[geo]</sup>

- Hoge vluchtigheid: grootste deel van de vloeistof zal zijn verdampt voor aankomst in het ziekenhuis waardoor de restbesmetting klein zal zijn.
  - o In geval van een besmetting met bijv. waterstofcyanide (kookpunt 26°C)<sup>[che]</sup> of methylisocyanaat (kookpunt 38°C) zal bij een temperatuur van 25°C ongeveer 63% van de hoeveelheid besmetting per minuut verdampen.<sup>[geo]</sup>
  - o De snelheid van verdamping zal o.a. afhangen van de (omgevings)temperatuur.
- Vloeistoffen met een dampspanning gelijk aan water verdampen relatief langzaam (bij 25°C is na ongeveer 43 minuten 63% verdampt in geval van besmetting). Na aankomst in het ziekenhuis kan dit een inhalatieblootstelling van hulpverleners geven.<sup>[geo]</sup>

- Een voorbeeld van een zeer toxische stof met een dampspanning vergelijkbaar met water is het organofosfaat strijdmiddel sarin ([paragraaf 4.3.2](#)). Deze stof werd door Georgopoulos en collega's<sup>[geo]</sup> geïdentificeerd als realistisch gevaar voor hulpverleners in geval van secundaire blootstelling na een analyse van diverse industriële chemicaliën en strijdmiddelen.
- Lage vluchtigheid: geen blootstelling van hulpverlener door inhalatie van damp.

#### 4.2.3.1. *Vluchtige oplosmiddelen*

Een beperkt risico voor hulpverleners in het ziekenhuis vormen besmettingen met vluchtige organische oplosmiddelen zoals benzeen, toluen, xyleen of aceton. Deze stoffen zijn interessant omdat ze in veel consumenten- en professionele producten aanwezig zijn.

In ruimten met slechte ventilatie zouden milde secundaire klachten kunnen optreden zoals irritatie van neus, keel en bovenste luchtwegen, hoesten, misselijkheid, vermoeidheid, hoofdpijn en duizeligheid. Klachten kunnen echter ook veroorzaakt worden door de penetrante geur.

In de literatuur is slechts één casus gevonden waarbij *alleen* een oplosmiddel betrokken was:

- Burgess en collega's<sup>[bur3]</sup> melden een incident waarbij een man zich met een snijwond op de spoedeisende hulp presenteerde. Een penetrante geur was waarneembaar. Zijn kleding was besmet met een mengsel van alifatische koolwaterstoffen waar hij die dag mee had gewerkt. Vier hulpverleners kregen last van irritatie van de slijmvliezen en hoofdpijn.

In de praktijk zal secundaire blootstelling vaker aan de oplosmiddelen uit producten plaatsvinden dan wordt onderkend. Er wordt bijvoorbeeld bij besmettingen met bestrijdingsmiddelen ([paragraaf 4.3.1](#)) meestal direct vanuit gegaan dat blootstelling van hulpverleners aan de toxische werkzame stof plaatsvindt. Deze is in geval van bestrijdingsmiddelen echter weinig vluchtig en voor blootstelling is direct onbeschermd huidcontact nodig. De oplosmiddelen in deze producten daarentegen kunnen wel een inhalatieblootstelling geven. In geval van de incidentele blootstellingen aan oplosmiddeldamp uit bestrijdingsmiddelen waren de symptomen bij hulpverleners mild.<sup>[gro5]</sup>

Hoe hoog de concentraties van oplosmiddelen tijdens decontaminatie kunnen oplopen is onderzocht door Schultz en collega's<sup>[sch]</sup> (zie bijlage 4). Kleding op een plastic 'etalagepop' werd doordrenkt met 800 mL van ofwel aceton ofwel xyleen. Hierna werden concentraties gemeten in de 'ademzone' bij uitvoeren van een 10 minuten durende droge decontaminatie in een afgesloten, niet geventileerde ruimte. De concentraties van deze oplosmiddelen in de lucht bleven beperkt.

Deze 'worst case' situatie geeft aan dat in geval van besmettingen door ongelukken tijdens normaal gebruik of door braken na inname van oplosmiddelbevattende producten, geen serieuze gezondheidsklachten bij hulpverleners zijn te verwachten. Uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) zijn *niet* nodig (zie [paragraaf 3.2](#)).

#### 4.2.4. **Inhalatie van gassen gevormd in maag of aanwezig in uitademingslucht**

Sommige stoffen kunnen na ingestie door contact met maaginhoud gasvorming veroorzaken. Voorbeelden zijn natriumazide (mogelijke kandidaat 'zelfdodingspoeder') en fosfideverbindingen (zie overzicht onder). Deze paragraaf geeft algemene informatie, [paragraaf 4.3](#) bespreekt een aantal specifieke verbindingen.

Hulpverleners kunnen secundair worden blootgesteld aan het gevormde gas:

- direct uit de maag via de slokdarm door 'boeren'.
- aanwezig in uitademingslucht (na absorptie via de longen uitgescheiden).

De vrijgave van gas zal grillig verlopen (wel/geen oprispingen) en de hoeveelheid zal afhankelijk zijn van de ingenomen hoeveelheid en ook van de mate en snelheid van absorptie van de specifieke stof.

Het risico op blootstelling is vooral hoog na intubatie waarbij de onderste slokdarmsfincter ontspant ten gevolge van de spierverslapper die hierbij gegeven wordt. Als gevolg van braken door de patiënt kan ook secundaire blootstelling optreden door vrijkomen van gas of damp vanuit het braaksel.

Let op: ook na overlijden van een patiënt zal vorming van gas doorgaan en kan dit vrijkomen.

Over het algemeen zal de hoeveelheid gas die vrij komt te weinig zijn om een serieuze intoxicatie bij de hulpverlener te veroorzaken. Dit blijkt uit ervaring met gemelde blootstellingen aan het NVIC en uit ervaring in landen met een hoge incidentie met dergelijke intoxicaties. Uitgebreide persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) zijn niet nodig (zie [paragraaf 3.2](#)).

In gepubliceerde casusbeschrijvingen<sup>[gro5]</sup> waarbij gas werd gevormd in de maag van de patiënt werden bij hulpverleners in het ziekenhuis geen of milde gezondheidsklachten gemeld terwijl de patiënten overleden aan de blootstelling. In een aantal gevallen was sprake van speciale omstandigheden zoals slechte ventilatie of het terugkomen van materiaal uit de maag (braken, maagspoelen) met hieruit uitdamping van gas. Hierdoor was de blootstelling verhoogd.

Het is belangrijk om maatregelen te nemen om ook milde klachten te voorkomen (zie [paragraaf 3.1](#)). Behoud adequate ventilatie, was handen bij direct contact met poeder of braaksel, ruim maaginhoud of braaksel op of dek af en pas geen directe mond-op-mondbeademing toe (gebruik Ambu Bag). Hierbij wordt opgemerkt dat het risico bij het geven van mond-op-mondbeademing beperkt zal zijn. Door de hulpverlener wordt namelijk uitgeademd bij de toepassing hiervan en daarnaast zijn de concentraties in de uitademingslucht van de patiënt laag. Wel kan er contact zijn met resten van een stof rond de mond. In geval van cyanide is in de literatuur het optreden van een 'voorbijgaand branderig gevoel in de mond' bij een niet medische hulpverlener gemeld die mond-op-mond beademing toepaste (zie [paragraaf 4.3.5](#)).<sup>[and2]</sup>

Overzicht van stoffen die na contact met water/maagzuur gasvorming kunnen veroorzaken:<sup>[ste]</sup>

- Fosfideverbindingen ([paragraaf 4.3.3](#)).
  - o Gevormd gas: fosfinegas.
  - o Fosfinegas is geurloos. Verontreinigingen of bewuste toevoegingen: knoflookgeur.
  - o Bijvoorbeeld: aluminiumfosfide, zinkfosfide.
- Natriumazide ([paragraaf 4.3.4](#)).
  - o Gevormd gas: waterstofazide (stikstofwaterstofzuur).
  - o Waterstofazide (stikstofwaterstofzuur) is een vluchtige vloeistof (kookpunt 37°C).
  - o Waterstofazide heeft een 'penetrante geur'.
- Cyanideverbindingen ([paragraaf 4.3.5](#)).
  - o Gevormd gas: waterstofcyanide (blauwzuurgas).
  - o Waterstofcyanide is een zeer vluchtige vloeistof (kookpunt 26°C).
  - o Waterstofcyanide heeft de geur van bittere amandelen.
  - o Bijvoorbeeld: natriumcyanide, kaliumcyanide.
- Sulfideverbindingen.
  - o Gevormd gas: waterstofsulfidegas (zwavelwaterstof).
  - o Waterstofsulfidegas heeft een geur van rotte eieren.
  - o Bijvoorbeeld: ijzersulfide.
- Arseenverbindingen.
  - o Gevormd gas: arsinegas (arseentrihydride).
  - o Arsinegas heeft een knoflookachtige geur.
  - o Bijvoorbeeld: arseentrioxide.



## 4.3. Beperkt risico in geval van uitermate toxische stoffen

In deze paragraaf worden enkele voorbeelden besproken waaruit blijkt dat ook als slachtoffers zijn blootgesteld aan uitermate toxische stoffen, de gezondheidseffecten bij hulpverleners in het ziekenhuis beperkt blijven tot milde klachten. Het optreden van secundaire toxiciteit bij ziekenhuispersoneel wordt in de wetenschappelijke literatuur incidenteel beschreven. In plaats van hierin een bevestiging te zien dat een chemisch besmette patiënt een groot risico is, is het verstandig om deze meldingen in perspectief te plaatsen. Dat wordt hier gedaan vanuit ervaringen uit landen met een hoge incidentie en de ervaring vanuit de meldingen over blootstellingen aan het NVIC.

Het is belangrijk om aandacht te hebben voor speciale omstandigheden waardoor blootstelling kan zijn verhoogd. Hieruit kunnen aanbevelingen worden opgesteld om dit te voorkomen. Deze worden hier per stof(groep) niet nogmaals besproken, zie hiervoor [paragraaf 3.1](#). Evenzo wordt voor informatie over benodigde persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) verwezen naar [paragraaf 3.2](#). Samengevat komt het erop neer dat voor 'gassen gevormd in de maag' en besmetting met bestrijdingsmiddelen het gebruik van adembescherming door de hulpverlener niet nodig is. Strijdmiddelen zijn wel reden om uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) toe te passen.

Het zijn ook de in deze paragraaf besproken stoffen waarover hulpverleners relatief vaak contact opnemen met het NVIC, specifiek vanwege zorgen om secundaire blootstelling. In de periode 2006 t/m 2021 werd in 95 gevallen aan het NVIC informatie gevraagd over het risico. Hierbij ging het in 68 gevallen om ziekenhuispersoneel en in 38 gevallen (ook) om hulpverleners buiten het ziekenhuis. Er was onrust over de volgende stoffen:

- Bestrijdingsmiddelen (15x), waaronder organofosfaten (5x) en paraquat (4x) ([paragraaf 4.3.1](#)).
- Fosfideverbindingen (2x) ([paragraaf 4.3.3](#)).
- 'Zelfdodingspoeder' (12x): natriumazide 9x, natriumnitriet 3x ([paragraaf 4.3.4](#)).
- Cyanideverbindingen (12x) ([paragraaf 4.3.5](#)).
- In de overige casus ging het om middelen zoals:
  - Zuren/logen (12x). Risico bij direct huidcontact ([paragraaf 4.2.1](#)).
  - Pepperspray/traangas (vermoedelijk) (2x). Risico bij inhalatie ([paragraaf 4.2.2](#)).
  - Blootstellingen van een slachtoffer aan gassen (14x), zoals fosfinegas, chloorgas, rookgassen. Deze worden bijna niet met het slachtoffer meedragen en vormen *geen secundair* blootstellingsrisico voor hulpverleners.

Het totaal aantal informatieverzoeken over deze stoffen aan het NVIC is veel groter dan hierboven aangegeven maar er is niet altijd onrust over secundaire blootstelling. In bovenstaande meldingen aan het NVIC werden slechts twee keer milde gezondheidsklachten gemeld die konden worden gerelateerd aan de blootstelling: irritatie door direct huidcontact met een zuur en irritatie van de luchtwegen door dampen van chloorbleekloog.

Daarnaast worden in deze paragraaf de organofosfaat strijdmiddelen (zoals sarin, VX, Novitsjok) behandeld ([paragraaf 4.3.2](#)).

### 4.3.1. Bestrijdingsmiddelen

Een patiënt die een bestrijdingsmiddel heeft ingenomen en/of hiermee uitwendig is besmet (bijv. door braken of een ongeluk tijdens gebruik) veroorzaakt vaak veel onrust bij hulpverleners in het ziekenhuis. Vooral in geval van organofosfaat insecticiden. Dit blijkt uit ervaringen van het NVIC en casusbeschrijvingen in de literatuur.<sup>[gro4,gro5]</sup> N.B. fosfideverbindingen vinden ook toepassing als bestrijdingsmiddel maar worden vanwege de gasvorming apart besproken ([paragraaf 4.3.3](#)).

De volgende percepties dragen waarschijnlijk bij aan de onrust na besmetting met bestrijdingsmiddelen en worden in perspectief geplaatst:

- Bestrijdingsmiddelen worden in het algemeen gezien als zeer gevaarlijk vanwege hun toepassing. Het risico hangt echter af van de toxiciteit, de dosis en de blootstellingsroute:
  - Het herbicide paraquat (vloeibaar product) is na *inname* zeer toxisch. Het wordt echter slecht geabsorbeerd door de intacte huid en ook niet na inhalatie van aerosol verneveling (paraquat in oplosmiddel) bij gebruik. Het is een niet vluchtige stof zodat inhalatieblootstelling door verdamping niet optreedt.
  - Organofosfaat insecticiden (vloeibaar product) kunnen eveneens ernstige intoxicaties veroorzaken. Dit wordt in de praktijk vooral gezien na ingestie van deze bestrijdingsmiddelen. Absorptie via de huid gaat relatief langzaam, maar is mogelijk, vooral bij vochtige en/of beschadigde huid. Ook na inhalatie van aerosol kan absorptie plaatsvinden. De meeste organofosfaten die worden gebruikt als bestrijdingsmiddel hebben een lage vluchtigheid zodat blootstelling door verdamping beperkt is.
  - Soms hebben hulpverleners het idee dat na inname van bestrijdingsmiddelen de uitademingslucht van de patiënt een risico voor hen is. Alleen in het geval van inname van specifieke stoffen kan een kleine hoeveelheid in de uitademingslucht aanwezig zijn (zie voor een overzicht paragraaf 4.2.4). Dit is echter te weinig om serieuze gezondheidsklachten bij hulpverleners of omstanders te veroorzaken. Voor paraquat en organofosfaat insecticiden is dit niet van toepassing.
- Klachten worden vaak direct toegeschreven aan de ‘werkzame stof’ van het bestrijdingsmiddel, echter:
  - De werkzame stof in bestrijdingsmiddelen is weinig vluchtig, het moet achterblijven op het gewas en niet verdampen. Inhalatie van het vluchtige oplosmiddel kan wel plaatsvinden. Dit kan milde klachten veroorzaken, zie paragraaf 4.2.3.
  - Er zijn in de wetenschappelijke literatuur enkele incidenten gemeld met milde klachten bij hulpverleners na secundaire blootstelling aan organofosfaat insecticiden.<sup>[sta,but,mer,gel]</sup> Slechts in één geval werd het cholinesterasegetal bepaald en bleken waarden binnen de normaalwaarden te vallen.<sup>[but]</sup> Blootstelling aan oplosmiddeldampen (paragraaf 4.2.3.1) zijn waarschijnlijk de oorzaak van de optredende klachten.
  - De sterke geur bij besmetting met bestrijdingsmiddelen wordt veroorzaakt door het oplosmiddel in het product en meestal niet door de werkzame stof. De sterke geur alleen zou in sommige gevallen al de oorzaak van de klachten kunnen zijn.
  - Daarnaast is het ook mogelijk dat angst voor blootstelling en stress een rol kan spelen bij het optreden van klachten.

Intoxicaties met organofosfaat insecticiden komen wereldwijd veel voor en secundaire blootstelling met klachten treedt zeer zelden op:

- Het NVIC ontvangt jaarlijks ongeveer 40 meldingen van blootstellingen aan organofosfaat insecticiden. Hierbij is nog nooit melding gemaakt van gezondheidsklachten bij hulpverleners als gevolg van secundaire blootstelling.
- In landen zoals Sri Lanka, vinden per jaar duizenden intoxicaties met organofosfaten plaats als gevolg van pogingen tot zelfdoding. Zonder gebruik van speciale persoonlijke beschermingsmiddelen worden vanuit deze landen slechts incidenteel gezondheidsklachten door hulpverleners gemeld. Klachten zijn van milde aard en spontaan reversibel en worden in het algemeen toegeschreven aan het oplosmiddel: misselijkheid, kortademigheid, duizeligheid, drukkend gevoel op de borst en luchtwegirritatie.<sup>[lid,rob,and]</sup>

Er is slechts één uitzonderlijke beschrijving van een secundaire blootstelling waarbij meer dan milde klachten zijn gerapporteerd: <sup>[ge<sup>1</sup>]</sup>

- Een patiënt werd gepresenteerd op de spoedeisende hulp na inname van een organofosfaat bestrijdingsmiddel. Een vieze geur werd waargenomen. Hulpverleners gebruikten *geen* PBM. Na *direct huidcontact* met braaksel, ‘respiratoire secreties’ en de huid van de patiënt (blootstellingsduur niet vermeld) kreeg een verpleegkundige:
  - Kortademigheid, speeksel- en tranenvloed, braken, transpireren, gevoel van zwakte.
  - Behandeling: 24 uur beademd en gedurende zeven dagen atropine en pralidoxime.Twee andere verpleegkundigen zonder direct huidcontact kregen in mindere mate klachten en werden eveneens behandeld met antidota.

Deze casus heeft in de wetenschappelijke literatuur discussie opgeroepen <sup>[lit.rob]</sup> waarbij de volgende kanttekeningen werden geplaatst:

- Het cholinesterasegetal is niet bepaald waardoor organofosfaatblootstelling als oorzaak van de symptomen niet kan worden geobjectiveerd.
- Sommige symptomen passen ook bij blootstelling aan de oplosmiddelen in deze producten.
- Past niet bij de ervaring in landen met grote aantallen intoxicaties met deze middelen.
- Er zijn geen handschoenen gebruikt waardoor direct huidcontact kon plaatsvinden.

Conclusie: direct huidcontact met organofosfaat insecticiden moet voorkomen worden vanwege het risico van absorptie door de huid. Het inhalatierisico is beperkt: de werkzame stof is weinig vluchtig maar blootstelling kan wel plaatsvinden aan het vluchtige oplosmiddel.

#### 4.3.2. Organofosfaat strijdmiddelen

De kans op een incident met een organofosfaat strijdmiddel is klein maar niet ondenkbaar zoals blijkt uit de terroristische aanslag in de metro van Tokio (1995) of de recente moordaanslagen op Kim Jong-nam (halfbroer van de Noord-Koreaanse leider Kim Jong-un) (2017), de Russische oud-spion Skripal (2018) en de Russische oppositieleider Navalny (2020).

Deze substanties worden algemeen aangeduid als ‘zenuwgas’ maar kunnen ook als niet-vluchtige vloeistoffen of vaste stoffen voorkomen (waarbij inhalatieblootstelling wel kan optreden als de stof in aerosolvorm wordt verneveld). Het hangt dus van de fysische eigenschappen van het betreffende strijdmiddel af (wel/geen verdamping) welke blootstellingsroute (huid en/of inhalatie) voor secundaire blootstelling het meest waarschijnlijk is.

In geval van een mogelijk incident met vluchtige organofosfaat strijdmiddelen worden uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) (zie [hoofdstuk 3](#)) aangeraden om secundaire blootstelling te voorkomen. Ervaring met secundaire blootstelling van hulpverleners in het ziekenhuis door behandeling van blootgestelde patiënten is beperkt. Milde gezondheidsklachten traden op bij ziekenhuispersoneel door behandeling van slachtoffers van een terroristische aanslag met het chemisch strijdmiddel sarin (zie onder), maar hierbij was het ziekenhuispersoneel niet/onvolledig voorzien van PBM en was er sprake van onvoldoende ventilatie.

#### Terroristische aanslag met chemisch strijdmiddel sarin

Bij een terroristische aanslag in de metro van Tokio in 1995 werden ruim 5500 mensen blootgesteld aan het organofosfaat strijdmiddel sarin en waren twaalf dodelijke slachtoffers te betreuren. Sarin is een vloeibaar en vluchtig organofosfaat. De slachtoffers waren blootgesteld aan sarindamp (en mogelijk vloeistof) dat vrijkwam uit door de terroristen met sarin gevulde en lek geprikte verpakkingen (zoals frisdrankflessen). Secundaire blootstelling van hulpverleners in het ziekenhuis trad op door verdamping vanuit kleding van de patiënten.

Gezondheidsklachten van hulpverleners (zonder PBM) in het ziekenhuis na secundaire blootstelling aan sarin waren mild. Ervaring in het nabij de aanslag gelegen ziekenhuis:<sup>[oku,oku2]</sup>

- Het ziekenhuis ontving in korte tijd 640 patiënten, die niet allemaal konden worden gedecontamineerd vanwege beperkte capaciteit. Het ziekenhuispersoneel droeg standaard werkkleding met handschoenen en mondneusmaskers. Achteraf rapporteerden 110 van 1063 personeelsleden van het ziekenhuis symptomen: vooral oogirritatie, hoofdpijn, keelpijn en kortademigheid. Slechts één ziekenhuismedewerker werd behandeld vanwege een mogelijke organofosfaatintoxicatie (geen analytische bevestiging). Een verpleegkundige had de hele dag patiënten verzorgd in een slecht geventileerde noodopvang van het ziekenhuis (de ziekenhuiskapel). Zij werd opgenomen met misselijkheid, hoofdpijn en kortademigheid. Verbeteren van ventilatie en rouleren van hulpverleners gaf verlichting van klachten.

Ervaring in een verder van de aanslag afgelegen ziekenhuis:<sup>[noz]</sup>

- Dertien van de vijftien artsen op de spoedeisende hulp kregen last van o.a. visusstoornissen, miosis, loopneus, kortademigheid of drukkend gevoel op de borst, hoesten en speekselvloed. De meeste van deze artsen waren direct betrokken bij reanimatie, intubatie en/of ontkleding van twee ernstig blootgestelde patiënten. Zes artsen kregen atropine (één keer in combinatie met pralidoxime) toegediend. Bij twee artsen werd het cholinesterasetgetal (mate van blootstelling aan organofosfaten) bepaald. De waarden bevonden zich in de normale range. Na openen van ramen en deuren en verpakken van kleding/spullen van patiënten in afgesloten zakken werden klachten niet ernstiger en konden artsen ondanks hun klachten de behandeling van patiënten voortzetten.

Dit incident laat goed zien dat hoewel uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) in dit geval erg belangrijk zijn, levensreddende handelingen doorgang kunnen vinden, ook al is de bescherming van de hulpverlener nog niet (direct) optimaal.

Okumura en collega's<sup>[oku3]</sup> geven aan dat de concentratie van het gebruikte sarin tijdens deze aanslag ongeveer 30% was. Zij stellen dat een hogere concentratie mogelijk ernstigere secundaire klachten had kunnen veroorzaken. Aan de andere kant kan ook worden gesteld dat bij ontvangst van een *levende* patiënt, de besmetting beperkt zal zijn in hoeveelheid en/of concentratie<sup>[geo]</sup>. Een hogere concentratie had waarschijnlijk meer dodelijke slachtoffers geëist in het incidentgebied.

### Moordaanslag met het chemisch strijdmiddel VX

Bij de aanslag op Kim Jong-nam werd een vloeistof in zijn gezicht gesmeerd dat na onderzoek het chemisch strijdmiddel VX bleek te zijn. Kim Jong-nam meldde zich met brandende ogen bij een politiepost, waarna hij in elkaar zakte. Hij overleed 20 minuten na blootstelling in een ambulance. Er is geen melding gemaakt van secundaire blootstelling bij omstanders of ambulancepersoneel. In tegenstelling tot het strijdmiddel sarin, is VX weinig vluchtig (verdamping 1500 keer langzamer dan water) en treden effecten op door opname door de huid (bij verneveling als aerosol kan inhalatie wel een blootstellingsroute zijn). Uiteraard moet direct huidcontact worden voorkomen.

### Moordaanslag met Novitsjok

Door de moordaanslag op de Russische oud-spion Skripal in 2018 en de Russische oppositieleider Navalny in 2020 is er veel aandacht voor de 'Novitsjok'. Over deze zeer potente organofosfaten is relatief weinig informatie bekend. Beide slachtoffers zijn waarschijnlijk door huidcontact met een niet-vluchtige vloeibare Novitsjok blootgesteld geraakt. Voor secundaire besmetting zou in dit geval direct huidcontact van hulpverleners met de besmette patiënt nodig zijn. Er is geen melding gemaakt van gezondheidsklachten door secundaire blootstelling van hulpverleners in het ziekenhuis.

### 4.3.3. Fosfideverbindingen

Na ingestie van aluminiumfosfide of zinkfosfide wordt fosfinegas gevormd door contact met maaginhoud en kan dit gas ook in de uitademingslucht aanwezig zijn. Deze verbindingen worden toegepast als biocide, bijv. als mollengif en voor de begassing van zeecontainers. Zuiver fosfinegas is geurloos maar bij verontreinigingen of toevoegingen heeft het een knoflookgeur.

Let op: patiënten kunnen ook zijn blootgesteld aan fosfinegas zelf in het incidentgebied, bijvoorbeeld door het betreden van een zeecontainer of een scheepsruim waar de fosfideverbindingen als biocide zijn toegepast. In dit geval wordt het gas nauwelijks door de patiënt meedragen en is er geen risico voor secundaire blootstelling. Het gaat in deze paragraaf alleen om gasvorming na inname.

Milde secundaire klachten zijn in de literatuur gemeld na behandeling van patiënten die fosfideverbindingen hadden ingenomen. Vaak waren er speciale omstandigheden die de blootstelling verhoogden, zoals behandeling in een slecht geventileerde ruimte of na braken van de patiënt:

- In een slecht geventileerde ruimte kregen hulpverleners last van misselijkheid, braken, koorts, brandend gevoel in keel, tranenvloed en hoofdpijn.<sup>[aki]</sup> Symptomen verdwenen na 3-4 uur.
- Bij een andere casus<sup>[ste2]</sup> werd na het opmerken van een knoflookgeur de ventilatie uitgezet en de patiënt verplaatst naar een aparte kamer. Twee van de vijf hulpverleners kregen last van misselijkheid, duizeligheid en hoofdpijn.
- Na inname van een uitzonderlijk grote hoeveelheid aluminiumfosfide (750 gram, 60%) kwam hiervan een groot deel terug na laryngoscopie. Hulpverleners kregen last van oog- en luchtwegklachten. Behandeling is voortgezet in een goed geventileerde ambulancehal met uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter).<sup>[mus]</sup>
- In twee andere casusbeschrijvingen, zonder melding van speciale omstandigheden, werden respectievelijk alleen misselijkheid<sup>[noc]</sup> en geen klachten<sup>[sha]</sup> gemeld door hulpverleners.
- Secundaire besmetting van dierenartsen kan plaatsvinden na inname van zinkfosfide mollentabletten door honden (bijv. bij opwekken of spontaan optreden van braken). Deze tabletten zijn in Nederland niet vrij verkrijgbaar. Navraag van het NVIC bij een vergiftigingeninformatiecentrum voor dieren in de Verenigde Staten leert dat milde klachten (hoofdpijn, irritatie/pijn in keel) bij de dierenartsen zeer incidenteel worden gemeld.

Over het algemeen geven deze blootstellingen geen noemenswaardige problemen, blijkt uit ervaringen in landen met een hoge incidentie.

- In India wordt het aantal intentionele innames van aluminiumfosfide geschat op 15.000 per jaar.<sup>[chr]</sup> Twee derde van de patiënten overleeft de intoxicatie niet. Hulpverleners in het ziekenhuis nemen geen speciale voorzorgsmaatregelen tijdens reanimatie en verdere behandeling. Gezondheidsklachten door secundaire blootstelling worden niet gerapporteerd.

Het lage risico wordt bevestigd door berekeningen en een casus waarbij sensoren waren ingezet:

- Berekeningen geven aan dat bij inname van twee tabletten van 3 gram (56%) aluminiumfosfide, de initieel hoge concentratie in de uitademingslucht van de patiënt niet zal zorgen voor een gevaarlijke concentratie in de behandelruimte van een ziekenhuis bij standaard ventilatie.<sup>[lee]</sup>
- In een casusbeschrijving werd een patiënt na het opmerken van een knoflooklucht verplaatst naar een isolatiekamer waar fosfinesensoren werden geïnstalleerd (18 uur na inname). Een verhoging werd gemeten door één sensor die onder de lakens in de buurt van het rectum van de patiënt aanwezig was. Na ventilatie van deze plek werden geen verhogingen van fosfineconcentraties in de ruimte gedetecteerd.<sup>[mus]</sup>

#### 4.3.4. Zelfdodingspoeders (natriumazide, natriumnitriet)

Het gebruik van 'zelfdodingspoeders' is sinds 2017 regelmatig in het nieuws, waaronder ook speculaties over het risico voor omstanders en hulpverleners. Van het zogenaamde 'middel X' werd aanvankelijk niet officieel bekend gemaakt om welke chemische stof het gaat. Na speculatie hierover (online en in de media) ziet het NVIC sinds 2017 een toename van het aantal pogingen tot zelfdoding met vooral natriumnitriet en natriumazide. Ondertussen is op internet bekend gemaakt dat het bij 'middel X' om natriumazide gaat. Let op: inname van andere verbindingen is nog steeds mogelijk!

Na inname van natriumazide wordt in de maag gas gevormd. Bij natriumnitriet treedt dit niet op en is er geen blootstellingsrisico voor de hulpverlener. Deze paragraaf richt zich specifiek op natriumazide. Door de toenemende onrust bij voornamelijk hulpverleners buiten het ziekenhuis (ambulance/politie) bij meldingen van 'inname van zelfdodingspoeder' is ook een factsheet met informatie over klinisch beeld, behandeling en risico voor hulpverleners opgesteld (zie bijlage 3). Informatie over het beperkte risico bij betreden van een woning als duidelijk is dat een zelfdodingspoeder is ingenomen is te vinden in [paragraaf 6.1.1](#).

##### Natriumazide

Na inname van natriumazide wordt door contact met water in de maag het gas waterstofazide gevormd. Kleine hoeveelheden van dit gas kunnen met oprispingen vrijkomen of in de uitademingslucht aanwezig zijn. In de wetenschappelijke literatuur heeft het NVIC drie meldingen gevonden waarbij secundaire blootstelling van ziekenhuispersoneel is gemeld tijdens de behandeling van één of meerdere patiënten met een natriumazidevergiftiging.

In twee casus werden milde symptomen gemeld:

- Tijdens reanimatie werd door enkele hulpverleners hoofdpijn, licht gevoel in het hoofd en misselijkheid gemeld.<sup>[abr]</sup> Vooral na verblijf dicht in de buurt en na langdurig contact met de patiënt. Medewerkers werden vervolgens elke 5-10 minuten gerouleerd tijdens reanimatie. De patiënt had een grote hoeveelheid natriumazide ingenomen: 15-20 gram (waar 2 gram een meer 'gangbare' dosis is). De patiënt overleefde dit niet, alle hulpverleners herstelden zonder restschade.
- Hirose en collega's<sup>[hir]</sup> beschrijven een incident waarbij 7 personen werden vergiftigd met natriumazide dat aan water was toegevoegd. In het ziekenhuis kregen 5 hulpverleners last van 'flauwte', misselijkheid, kortademigheid en hoofdpijn. Allen waren betrokken bij maagspoelen of het 'omgaan met de maaginhoud'. Uitdamping van waterstofazide hieruit werd door de auteurs als oorzaak van de secundaire blootstelling gezien.

In de derde beschreven casus werden uitgebreide maatregelen genomen toen 30 minuten na aankomst aan een 'HAZMAT-team' werd gemeld dat de patiënt natriumazide had ingenomen: de spoedeisende hulp werd gesloten en hulpverleners mochten gedurende een half uur de patiënt niet benaderen. In een publicatie richten Downes en collega's<sup>[dow]</sup> zich op een evaluatie van het incident met de vraag: wat is het risico van secundaire blootstelling?

- Hulpverleners waren met standaard PBM (oogbescherming, handschoenen, schort, GEEN adembescherming) gedurende langere tijd dicht bij de patiënt aanwezig (binnen 1 meter afstand) voor transport, decontaminatie en/of reanimatie:
  - 4 hulpverleners gedurende meer dan 60 min,
  - 3 gedurende 15-60 minuten en
  - 3 gedurende 5-15 minuten.

In een telefonische follow-up drie maanden later werd gevraagd of verzuim van werk had plaatsgevonden naar aanleiding van klachten als gevolg van de blootstelling. Bij 8 van de 10 hulpverleners was dit niet het geval. Eén hulpverlener (15-60 minuten contact) had één dag verlof gekregen vanwege oververmoeidheid. Een andere hulpverlener (5-15 minuten contact) was voor enkele weken uit de roulatie vanwege psychologische stress als gevolg van het

incident. Het optreden van mogelijk milde symptomen werd niet in kaart gebracht vanwege de verstreken tijd tussen incident en follow-up. De auteurs concluderen dat er na inname van natriumazide door een patiënt geen groot risico is op optreden van significante secundaire toxiciteit bij hulpverleners.

De conclusie van Downes en collega's<sup>[dow]</sup> is in lijn met de ervaring van het NVIC en volgt ook uit een uitgebreid overzicht van natriumazide blootstellingen opgesteld door Tat en collega's:<sup>[tat]</sup>

- In 2017 leidde aandacht in de media en het publieke debat over 'zelfdodingspoeders', tot een toename van intoxicaties met o.a. natriumazide.<sup>[rie]</sup> In de periode van september 2017 t/m 2021 werd het NVIC geraadpleegd over 24 intoxicaties. Het optreden van secundaire toxiciteit werd in geen van deze gevallen gemeld: niet tijdens behandeling in het ziekenhuis en ook niet tijdens vervoer. Twee van deze patiënten werden in het UMC Utrecht behandeld en er zijn geen speciale voorzorgsmaatregelen genomen anders dan medisch mondneusmasker en oogbescherming tijdens intubatie als onderdeel van het COVID-19-protocol. Gezondheidsklachten traden niet op.
- In een review artikel waarschuwen Tat en collega's medisch personeel voor secundaire blootstelling aan waterstofazide bij de behandeling van slachtoffers van natriumazide. Hierbij halen ze de artikelen van Hirose<sup>[hir]</sup> en Downes<sup>[dow]</sup> aan die hierboven zijn beschreven. In de eerste casus was echter sprake van een speciale situatie, blootstelling door verdamping uit maaginhoud, en in de tweede casus is het (mogelijk) optreden van milde klachten niet in kaart gebracht. Interessanter is dat het review artikel een uitgebreid overzicht geeft van blootstellingen aan natriumazide in de periode van 2000 t/m 2020. In totaal werden in de wetenschappelijke literatuur 15 casus gevonden waarbij accidentele inhalatie- of huidblootstelling aan natriumazide poeder optrad (gescheurde airbag na auto-ongeluk of industriële incidenten). Daarnaast 23 casus waarbij natriumazide door het slachtoffer was ingenomen (voornamelijk intentioneel; 2 keer ongelukkige verwisseling). Op één casus na (zie boven) is secundaire blootstelling van hulpverleners hierbij niet beschreven. Dit is naar onze mening een duidelijke aanwijzing dat het risico zeer beperkt is, hetgeen overeenkomt met ervaring van meldingen aan het NVIC.

#### 4.3.5. Cyanideverbindingen

Na inname van cyanideverbindingen zoals natrium- of kaliumcyanide wordt waterstofcyanide gevormd. Waterstofcyanide heeft de geur van bittere amandelen maar dit kan niet door iedereen worden waargenomen. Waterstofcyanide kan in de uitademingslucht aanwezig zijn. Dit is echter te weinig om serieuze gezondheidsklachten bij hulpverleners of omstanders te veroorzaken.

Bij hulpverleners is vaak ongerustheid na inname van cyanideverbindingen door een patiënt en het gevaar van blootstelling via uitademingslucht. Vooral bij toepassen van mond-op-mondbeademing.

- In de literatuur zijn geen casus gevonden waarbij intoxicatieverschijnselen bij hulpverleners optraden na reanimatie van cyanide-slachtoffers. In één casus<sup>[and2]</sup> waarbij een persoon een fatale hoeveelheid kaliumcyanide had ingenomen werd door een omstander na mond-op-mondbeademing alleen een voorbijgaand branderig gevoel in de mond waargenomen, mogelijk door direct contact met besmetting rond de mond.
  - Deze casus is ook een goed voorbeeld van het effect van angst: Nadat was gewaarschuwd voor mogelijk giftige gassen in de kamer kreeg een aanwezige politieagent last van braken en misselijkheid. Bloedcyanidewaarde werd bepaald maar was negatief. De agent moest worden opgenomen in het ziekenhuis vanwege een allergische reactie op antidota tegen cyanide. Vijf andere aanwezigen in de kamer hadden geen klachten.
- In twee gevallen heeft bij post-mortem onderzoek blootstelling van pathologen plaatsgevonden met milde klachten tot gevolg (hoofdpijn, keelpijn, licht gevoel in hoofd). Er werd geen verhoging van cyanideconcentraties in het bloed waargenomen.<sup>[bur2]</sup>

## 4.4. Beperkt risico van een radioactief besmette patiënt

Een met radioactieve stof besmette patiënt draagt radioactiviteit mee *op* de huid/kleding (uitwendige besmetting) en mogelijk ook *in* zijn/haar lichaam (inwendige besmetting). Een patiënt die uitsluitend van buitenaf is *bestraald*, vormt geen risico voor secundaire besmetting omdat hij/zij geen radioactieve stof met zich meedraagt. Als gevolg van een hoge stralingsdosis kan een bestraalde patiënt wel erg ziek worden.

Radioactieve besmetting heeft meestal de vorm van vaste (stof)deeltjes. Radioactieve stoffen kunnen ook opgelost zijn in een vloeistof voor toediening (nucleaire geneeskunde).

Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen:

- Incidenten waarbij radioactief materiaal zich heeft verspreid en waarbij slachtoffers mogelijk uitwendig en/of inwendig zijn besmet, bijvoorbeeld door een:
  - Terroristische aanslag met een Radiological Dispersal Device (RDD):
    - Verspreiding van materiaal door een conventioneel explosief (vuile bom).
    - Verspreiding zonder explosie door bijv. een (sproei)vliegtuig.
  - Ernstig kernongeval met vrijkomen van radioactief materiaal.
  - Ongeval in een radionuclidenlaboratorium
  - Transportincident (mogelijk bij brand).
- Incidenten waarbij alleen uitwendige bestraling van een slachtoffer heeft plaatsgevonden maar het slachtoffer NIET is besmet met radioactief materiaal, bijvoorbeeld door:
  - Een Radiological Exposure Device (RED) waarbij een sterke radioactieve bron op een publieke plaats is verstopt en daar personen in de omgeving bestraalt.
  - Bedrijfsongevallen met sterke bronnen: bijv. sterilisatie van voedsel of voor radiografie.

Mogelijke blootstellingsroutes voor secundaire besmetting in geval van radioactieve stoffen:

- Direct contact met besmette huid en/of kleding.
- Inhalatie door opdwarsen van vaste radioactieve (stof)deeltjes.
- Ook zonder direct contact met de radioactieve stof kan de hulpverlener worden blootgesteld aan de ioniserende straling die wordt uitgezonden (de patiënt als 'bron' van straling).

Effecten van straling zijn onder te verdelen in:

- Directe effecten (stralingsziekte).
  - Hiervoor is een zeer hoge stralingsdosis nodig die in de praktijk alleen kan worden opgelopen in directe aanwezigheid van een zeer sterke stralingsbron waarbij het gehele lichaam gedurende langere tijd wordt bestraald. Een besmette patiënt is als bron nooit sterk genoeg om de hulpverlener in deze mate bloot te stellen. Dit geldt zowel in geval van een incident met een vuile bom als bij besmetting door een radioactieve lozing na een kernongeval. Zie voor meer informatie over het verloop van stralingsziekte het RIVM rapport 'Triage en eerste opvang van slachtoffers na stralingsincidenten'<sup>[gro3]</sup> of de REMM-website.<sup>[rem]</sup>
- Kansgebonden (stochastische) effecten.
  - Blootstelling aan ioniserende straling geeft een toegenomen risico op het op termijn ontstaan van kanker.

In onderstaande paragrafen wordt voor de verschillende typen blootstellingen van het slachtoffer het risico voor de hulpverlener in het ziekenhuis beschreven.



#### 4.4.1. Laag risico bij patiënt die uitwendig is besmet

Uitwendige besmetting: het radionuclide zit op de huid en/of kleding van het slachtoffer.

Het besmette huidoppervlak loopt een extra hoge stralingsdosis op.

- Risico op inwendige besmetting van het slachtoffer door:
  - Besmette wonden.
  - Contact van besmette vingers met de mond.

Na een uitwendige besmetting met een radioactieve stof is een ernstige blootstelling van het slachtoffer aan ioniserende straling en het optreden van stralingsziekte NIET te verwachten.

Risico's voor hulpverleners in het ziekenhuis:

Voor de hulpverlener is slechts een zeer beperkte stralingsdosis te verwachten door secundaire besmetting met de radioactieve stof of door 'uitwendige bestraling' (met de patiënt als 'bron').

- Geen directe effecten
- Toegenomen risico op het ontstaan van kanker is zeer laag.

De hoeveelheid radioactief materiaal die een slachtoffer meedraagt naar het ziekenhuis is beperkt. Bij een terroristische aanslag zal een radioactieve stof worden verspreid door bijv. explosie ('vuile bom') of verneveling en hierdoor treedt een aanzienlijke 'verdunding' op (zie paragraaf 4.1.2). Dit geldt ook voor een transportincident waarbij radioactieve stoffen in een 'worst case scenario' beperkt kunnen vrijkomen bij een onbeheersbare brand.<sup>[ver]</sup> Tenslotte wordt in een radionuclidenlaboratorium met een beperkte hoeveelheid radioactief materiaal gewerkt.

Daarnaast hangt het risico af van het soort straling dat door het radioactief materiaal wordt uitgezonden:

- Alfastraling: doordringend vermogen zeer klein.
  - Er is geen gevaar voor de hulpverlener bij uitwendige bestraling of secundaire uitwendige besmetting: de uitgezonden straling komt niet door de huid van de hulpverleners heen.
  - Een inwendige besmetting van de hulpverlener door inhalatie of ingestie (contact besmette vingers met mond) moet worden voorkomen.
- Bètastraling: doordringend vermogen klein.
  - Verwachte stralingsdosis zal beperkt zijn door beperkte hoeveelheid materiaal en door het beperkte doordringende vermogen (afhankelijk van de stralingsenergie).
- Gammastraling: doordringend vermogen is over het algemeen hoog.
  - Verwachte stralingsdosis voor omstanders en hulpverleners zal beperkt zijn door beperkte hoeveelheid materiaal.

#### 4.4.2. Zeer laag risico bij patiënt die inwendig is besmet

Inwendige besmetting: het radioactief materiaal is door absorptie door de huid, besmetting van een open wond, inhalatie of ingestie (bijvoorbeeld door contact met besmette vingers) opgenomen in het lichaam. Het radionuclide zal zich gedeeltelijk in het lichaam van het slachtoffer nestelen:

- Het slachtoffer wordt gedurende langere tijd intern bestraald.
- Symptomen zijn meer specifiek als een radioactieve stof specifieke doelorganen heeft.
- Stralingsziekte treedt alleen in zeer zeldzame gevallen op.
  - De vergiftiging van Litvinenko (Londen, 2006), die een zeer hoge dosis polonium-210 moedwillig kreeg toegediend, is zeer uitzonderlijk.

Risico's voor hulpverleners in het ziekenhuis:

Een inwendig besmette patiënt is voor hulpverleners vrijwel nooit een gevaar voor besmetting met de radioactieve stof zelf:

- Het radioactief materiaal kan alleen worden verspreid via lichaamsvloeistoffen (voornamelijk urine en feces).

- Door de in ziekenhuizen gebruikelijke hygiënische maatregelen is het stralingsrisico door de behandeling van een dergelijke patiënt voor het ziekenhuispersoneel verwaarloosbaar.
  - o Zelfs in het extreme geval van de polonium-210-vergiftiging van Litvinenko raakten verplegers aan zijn ziekbed niet of nauwelijks besmet met radioactief materiaal, ondanks dat gedurende 4 weken niet duidelijk was dat er radioactief materiaal in het spel was.<sup>[po1]</sup>

Het hangt van het soort straling af of het slachtoffer straling uitzendt (een secundaire bron is):

- Alfastraling: doordringend vermogen zeer klein.
  - o Een inwendige besmetting, bijv. polonium-210, zal buiten het lichaam niet meetbaar zijn doordat de uitgezonden alfastraling een klein doordringend vermogen heeft.
- Bètastraling: doordringend vermogen klein.
  - o Een inwendige besmetting zal door de beperkte dracht van bètastraling in weefsels (enkele millimeters; afhankelijk van de energie van de straling) buiten het lichaam van de patiënt geen hoge stralingsniveaus geven.
- Gammastraling: doordringend vermogen is over het algemeen hoog.
  - o Toch zal in het algemeen de verwachte stralingsdosis voor omstanders beperkt zijn door een vermoedelijk geringe hoeveelheid materiaal waarmee de patiënt besmet is.

#### **4.4.3. Geen risico bij patiënt die uitwendig is bestraald**

Uitwendige bestraling: de radioactieve stof komt niet in aanraking met het lichaam van het slachtoffer.

- De blootstelling aan ioniserende straling neemt af of stopt zodra de persoon zich:
  - o Voldoende heeft verwijderd van de bron.
  - o De bron voldoende wordt afgeschermd.
- Uitwendige decontaminatie is niet zinvol omdat het slachtoffer geen radioactief materiaal met zich meedraagt.

Na hoge blootstelling kan acute stralingsziekte en/of lokale stralings schade ontstaan bij het slachtoffer.

Risico's voor hulpverleners in het ziekenhuis:

Het slachtoffer vormt geen gevaar voor hulpverleners:

- De patiënt zendt geen ioniserende straling uit en is dus geen secundaire bron.

# 5. Voorbereiding van ziekenhuizen

Het is belangrijk dat elk ziekenhuis zich voorbereidt op de ontvangst van chemisch of radioactief besmette slachtoffers omdat deze zich in elk ziekenhuis kunnen presenteren:

- Na een incident zal het enige tijd duren voordat uitwendige decontaminatie nabij het incidentgebied door de brandweer is opgestart. Ondertussen kunnen 'zelfverwijzers' op eigen gelegenheid (en onaangekondigd) het ziekenhuis bereiken. Daarnaast kan de mogelijkheid van besmetting niet (direct) zijn onderkend.
  - Bij grote calamiteiten worden de meeste slachtoffers niet per ambulance naar het ziekenhuis gebracht maar door andere voertuigen (bus, taxi, personenauto's, politieauto's) of gaan slachtoffers te voet naar het ziekenhuis (de 'zelfverwijzers').
- In het incidentgebied kan worden besloten om een instabiele patiënt zonder (uitgebreide) decontaminatie naar het ziekenhuis te vervoeren (alleen kleren verwijderd).

Dit geldt ook voor stralingsincidenten. In gebieden met een nucleaire installatie wordt door ziekenhuizen nadrukkelijk rekening gehouden met incidenten waarbij radioactief materiaal zou kunnen vrijkomen. Stralingsincidenten kunnen echter overal in Nederland voorkomen, denk hierbij aan incidenten tijdens industrieel gebruik van radioactieve bronnen, in radionuclidenlaboratoria, bij transport van radioactief materiaal of veroorzaakt door een terroristische aanslag. Het is daarom belangrijk dat elk ziekenhuis zich voorbereidt op de ontvangst van slachtoffers.

Hoewel er veel aandacht is voor grootschalige CBRN-incidenten met veel slachtoffers, komt het veel vaker voor dat een enkele besmette persoon zich bij het ziekenhuis presenteert door een ongeluk in thuis- of werksituatie. Ook voor een enkele patiënt kan decontaminatie nodig zijn.

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gedaan (paragraaf 5.1) en is een overzicht van bronnen opgenomen die nuttig kunnen zijn in de voorbereiding (paragraaf 5.2).

## Voorbereiding van Nederlandse ziekenhuizen

In 2015 heeft het NVIC onderzoek gedaan naar de aanwezige kennis en middelen in ziekenhuizen voor opvang van slachtoffers specifiek na stralingsincidenten.<sup>[gro2]</sup> Van de destijds 87 ziekenhuizen met een spoedeisende hulp namen er 58 deel aan het onderzoek. Enkele interessante bevindingen die relevant zijn voor de aanbevelingen in dit hoofdstuk:

- Ongeveer tweederde van de kleine ziekenhuizen (<500 bedden) kon besmette slachtoffers decontamineren, driekwart van de grote ziekenhuizen en alle academische ziekenhuizen. Van de ziekenhuizen met mogelijkheid tot decontaminatie beschikt 70% over in pandige ruimtes en 30% over buitenfaciliteiten, bijv. een decontaminatietent.
- Van de ziekenhuizen zonder mogelijkheid tot decontaminatie gaf driekwart aan dat er geen concrete afspraken waren gemaakt over doorverwijzing van slachtoffers.
- De decontaminatiecapaciteit neemt toe met de grootte van het ziekenhuis: 1-4 personen/uur in alle kleine ziekenhuizen tot maximaal 30 personen/uur gemeld door één groot en één academisch ziekenhuis.
- Van de deelnemende ziekenhuizen beschreef 30% alleen nog chemische en/of biologische incidenten in een rampenopvangplan (en dus niet stralingsincidenten).
- De meeste ziekenhuizen (71%) oefenen niet specifiek op stralingsincidenten.

Belangrijke kanttekening: de voorbereiding anno 2022 kan natuurlijk nog verder verbeterd zijn.

## 5.1. Aanbevelingen

Om goed voorbereid te zijn op de ontvangst van besmette slachtoffers doet het NVIC aan ziekenhuizen de volgende aanbevelingen:

- Creëer een decontaminatiefaciliteit ([paragraaf 5.1.1](#)).
- Maak afspraken over spreiding van patiënten ([paragraaf 5.1.2](#)).
- Neem stralingsincidenten op in het ZiROP ([paragraaf 5.1.3](#)).
- Neem informatie over PBM en secundaire blootstelling op in protocollen ([paragraaf 5.1.4](#)).
- Opleiden, Trainen, Oefenen (OTO)-plan ([paragraaf 5.1.5](#)):
  - Oefen ook stralingsincidenten.
  - Oefen met uitgebreide PBM.
  - Maak informatie over risico van secundaire blootstelling onderdeel van scholing.

In de volgende paragrafen worden de aanbevelingen nader toegelicht.

### 5.1.1. Creëer een decontaminatiefaciliteit

Het is aan te bevelen dat ziekenhuizen die nog niet zijn voorbereid op de ontvangst van besmette slachtoffers:

- Zelf mogelijkheden voor opvang en decontaminatie van slachtoffers creëren:
  - doucheruimte inrichten,
  - decontaminatietent aanschaffen of
  - deel van ambulancehal hiervoor beschikbaar maken.
- Aanvullende persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) voor personeel aanschaffen.  
Het gaat hierbij vooral om onderdelen van de uitgebreide PBM, waaronder 'overalls' en half- of volgelaatsmasker met combinatiefilter (zie voor complete uitrusting [paragraaf 3.2.2](#)).

### 5.1.2. Maak afspraken over spreiding van patiënten

Voor ziekenhuizen die geen of beperkte mogelijkheden hebben om chemisch of radioactief besmette patiënten te decontamineren is het aan te raden om van tevoren een plan op te stellen voor doorverwijzing van slachtoffers en hierover afspraken te maken met andere ziekenhuizen in de regio. Hierbij is het belangrijk om levensreddend handelen altijd uit te voeren en pas daarna patiënten door te sturen naar een andere locatie voor decontaminatie. Het is ook voor ziekenhuizen die grotere aantallen slachtoffers kunnen opvangen aan te bevelen op regionaal niveau afspraken te maken over spreiding, voor als de eigen capaciteit tijdens een groot incident niet toereikend (meer) is.

In geval van calamiteiten, aanslagen of grote ongevallen die de reguliere lokale opvangcapaciteit te boven gaan kan ook het Calamiteitenhospitaal in het UMCU worden ingezet. Hier kunnen maximaal 200 slachtoffers opgevangen worden (100 na een opstarttijd van 30 minuten) en is er de mogelijkheid van grootschalige decontaminatie. De combinatie van een groot academisch ziekenhuis, een militair ziekenhuis, een traumacentrum en het NVIC biedt niet alleen de infrastructuur, maar ook de benodigde expertise om adequate behandeling en decontaminatie van grotere groepen (besmette) patiënten mogelijk te maken.

### 5.1.3. Neem stralingsincidenten op in het ZiROP

Voor de ziekenhuizen die in een rampenopvangplan alleen nog chemische en/of biologische incidenten hebben beschreven, is de aanbeveling om ook specifiek voor de opvang van stralingsslachtoffers een aantal zaken vast te leggen, zoals o.a.:

- Specifieke taakverdeling voor de opvang van stralingsslachtoffers op de spoedeisende hulp.
- De rol van stralingsdeskundigen, nucleair geneeskundigen, klinisch fysici of de stralingsbeschermingsdienst (indien aanwezig).
- Overzicht van aanwezige meetapparatuur en referentiewaarden en wie deze apparatuur bedient om een besmetting vast te stellen en stralingsdoses te meten.

- Contactgegevens van instanties voor informatievoorziening en advisering, zoals van de GAGS en het NVIC (24/7 nummer: 088-755 8000). Zodoende kan direct gezondheidkundige informatie over ioniserende straling en radioactieve stoffen opgevraagd worden of nadere informatie over het incident worden verkregen.
- Als het niet mogelijk is om radioactief besmette patiënten op te vangen (klein ziekenhuis): leg afspraken over doorverwijzing vast (zie [paragraaf 5.1.2](#)).

#### **5.1.4. Neem informatie over PBM en secundaire blootstelling op in protocollen**

In [hoofdstuk 3](#) wordt aangegeven in welke situaties standaard PBM (handschoenen, schort, mondneusmasker, oogbescherming) voldoende zijn en in welke (uitzonderlijke) situaties uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) nodig zijn. Het is aan te raden om in (decontaminatie)protocollen specifiek op te nemen wanneer uitgebreide PBM nodig zijn.

Het is daarnaast belangrijk dat medewerkers kennis hebben over het beperkte risico van secundaire blootstelling, ook in het geval van zeer toxische stoffen. Het oefenen met en het gebruik van uitgebreide PBM zonder nadere uitleg kan het beeld scheppen dat een besmette patiënt een groot gevaar vormt. Angst voor secundaire blootstelling kan het nemen van buitenproportionele maatregelen in de hand werken. Levensreddend handelen mag geen vertraging ondervinden doordat hulpverleners zonder uitgebreide PBM de patiënt niet durven te benaderen of belemmeringen ondervinden doordat handelingen (zoals intubatie) lastiger zijn uit te voeren in uitgebreide PBM (o.a. stugge butyl handschoenen).

De boodschap moet zijn:

- Levensreddend handelen kan altijd doorgang vinden.
- Het toepassen van uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) is verstandig in zeldzame gevallen, om te voorkomen dat mogelijk *milde klachten* optreden.

Informatie kan worden opgenomen in protocollen en onderdeel zijn van het OTO-plan (zie onder).

#### **5.1.5. Opleiden, Trainen, Oefenen (OTO)-plan**

Oefen ook stralingsincidenten:

De meeste ziekenhuizen oefenen wel incidenten met slachtoffers die een chemische besmetting hebben opgelopen. Hierbij worden uiteraard ook procedures geoefend die van toepassing zijn op stralingsincidenten zoals uitwendige decontaminatie van besmette slachtoffers, die op een vergelijkbare manier plaatsvindt. Het is wel aan te bevelen met enige regelmaat incidenten met radioactief besmette slachtoffers te oefenen. In het ziekenhuis kan zo meer praktijkervaring worden opgedaan met de specifieke werkwijze en taakverdeling bij opvang en decontaminatie van deze slachtoffers en communicatie met (stralings)deskundigen, zowel intern als extern.

Oefen met uitgebreide PBM:

Het is belangrijk om regelmatig te oefenen met het uit- en aantrekken van uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) en hierin decontaminatie uit te voeren.

Maak informatie over risico van secundaire blootstelling onderdeel van scholing:

Scholing van ziekenhuispersoneel over het lage risico van behandeling van zowel een chemisch als een radioactief besmette patiënt is aan te raden. Dit kan angst voor secundaire blootstelling verminderen. Informatie uit [hoofdstuk 4](#) van dit document kan hiervoor als basis dienen, eventueel met algemene informatie over straling uit het NVIC rapport over de voorbereiding van ziekenhuizen op stralingsincidenten (zie ook [paragraaf 5.2](#)).<sup>[gro2]</sup>

## 5.2. Bronnen ter voorbereiding van ziekenhuizen op ontvangst van besmette slachtoffers

Bij de voorbereiding op ontvangst van besmette slachtoffers kunnen naast de informatie in dit document ook de volgende bronnen van nut zijn:

- Handreiking 'Decontaminatie'.<sup>[ifv]</sup>
  - Processen worden weergegeven in stroomschema's met toelichting.
  - Uitleg van de zone-indeling van het incidentterrein is opgenomen in een bijlage.
- Handreiking 'Opvang van chemisch besmette patiënten op de SEH'.<sup>[nab]</sup>
  - Voor de opvang van slachtoffers wordt in deze handleiding het CSCATTT-principe uitgewerkt: 'Command & Control', 'Safety', 'Communications', 'Assessment', 'Triage', 'Treatment', 'Transport'.
- Handreiking 'Opvang van R&N patiënten op de SEH'.<sup>[nab2]</sup>
  - Toepassing van het CSCATTT-principe voor de opvang van slachtoffers na stralingsincidenten.
- Leidraad CBRN.<sup>[boe]</sup>
  - De leidraad beschrijft o.a. een aantal varianten voor inrichting van de Spoedeisende Hulp voor ontvangst en decontaminatie van de huid van besmette slachtoffers.
  - Een bijlage geeft een overzicht van de toxidromen.
- REAC/TS handleiding 'The medical Aspects of Radiation Incidents pocket guide'.<sup>[rea]</sup>
  - De procedures voor het verwijderen van besmette kleding van een patiënt op een behandelafel of brancard, natte decontaminatie van een lokale besmetting en decontaminatie van wonden worden beknopt in beeld gebracht.
- OSHA 'Best Practices' document.<sup>[osh]</sup>
  - Informatie over soorten PBM.
- Review artikel in Clinical Toxicology.<sup>[gro5]</sup>

Is secondary chemical exposure of hospital personnel of clinical importance?

  - Uitgebreide uiteenzetting over het risico van secundaire blootstelling voor hulpverleners in het ziekenhuis en de benodigde PBM. Veel informatie is al opgenomen in dit document maar het artikel geeft een uitgebreidere beschrijving van de casus.
- Het NVIC document 'Triage en eerste opvang van slachtoffers na stralingsincidenten'.<sup>[gro3]</sup>
  - In dit document wordt aan de hand van incidenten met een 'vuile bom', een 'verborgen radioactieve bron' en 'vervoer van medische radionucliden', de verschillende patiëntenstromen en benodigde opvang beschreven vanaf het rampterrein tot aan het ziekenhuis. De beoordeling, selectie en eerste opvang van deze slachtoffers met bijbehorende maatregelen is in stroomschema's uiteengezet.
  - In bijlagen is achtergrondinformatie over radioactiviteit, ioniserende straling en blootstellingsscenario's opgenomen.
- TMT Handbook.<sup>[tmt]</sup>

'Triage, Monitoring and Treatment of people exposed to ionising radiation following a malevolent act'.

  - Hoofdstuk 'Medical Management at the hospital'.
- Radiation Emergency Medical Management (REMM) website.<sup>[rem]</sup>
  - Veel informatie over decontaminatie na een radioactieve besmetting.

Een deel van de informatie is ook beschikbaar via de mobiele applicatie 'Mobile REMM'.

# 6. Risico ambulancepersoneel en benodigde PBM

Ook bij hulpverleners buiten het ziekenhuis, zoals politie, brandweer en ambulancepersoneel, kan ongerustheid optreden bij contact met personen die (mogelijk) besmet zijn met chemische of radioactieve stoffen of deze hebben ingenomen.

In dit hoofdstuk is het risico voor ambulancepersoneel als uitgangspunt gekozen vanwege het vervoer van slachtoffers naar het ziekenhuis. De informatie is echter grotendeels ook van toepassing op andere hulpverleners buiten het ziekenhuis. Eerst wordt kort ingegaan op blootstelling aan de primaire bron in het incidentgebied ([paragraaf 6.1](#)) waarna secundaire blootstelling met de patiënt als bron wordt besproken ([paragraaf 6.2](#)).

Relevante informatie uit andere delen van dit document zijn in dit op zichzelf staande hoofdstuk beknopt overgenomen en aangevuld met informatie specifiek voor ambulancepersoneel. Voor meer informatie, bijv. over het risico van een bepaalde stof(groep), wordt verwezen naar relevante paragrafen elders in dit document.

## 6.1. Blootstelling aan de primaire bron in het incidentgebied

Een groot verschil tussen de situatie in het ziekenhuis en de situatie in het incidentgebied is dat in het incidentgebied blootstelling kan optreden aan de primaire bron. In een ideale situatie wordt na een groot incident (industriële, transport, terroristische aanslag) het incidentgebied door de hulpdiensten snel ingedeeld in 'zones'. Alleen de brandweer opereert in de 'hot zone' met adequate persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM). De 'hot zone' is het gebied direct om de bron (standaard tot minimaal 25 meter bovenwinds) waar blootstelling aan gevaarlijke concentraties van een chemische stof mogelijk kan zijn. Echter, als ambulancepersoneel als eerste ter plaatse is, zal de organisatie in het rampgebied nog niet (volledig) zijn opgestart. Er is dan een reëel risico op onbeschermd blootstelling. Vooral in geval van brand en/of explosie in combinatie met gevaarlijke stoffen is er risico op inhalatie door verspreiding van gas, damp of aerosolen.

Als de uitstoot is gestopt, blijft er bij verblijf in de 'hot zone' toch nog een (beperkt) risico op blootstelling, afhankelijk van het incident: door neergeslagen vaste stofdeeltjes, door condensatie van damp op voorwerpen, of door aanwezigheid van gelekte vloeistof met hieruit verdamping. Het risico is natuurlijk afhankelijk van de aard van de stoffen (dampspanning, toxiciteit) en de hoeveelheden die zijn vrijgekomen.

Het risico op blootstelling aan de primaire bron bij een kleiner incident binnen een chemiebedrijf is vergelijkbaar. Het is wel de verwachting dat vanuit de bedrijfshulpverlening slachtoffers al naar een schone ruimte zijn verplaatst en ontdaan zijn van besmette kleding en dat duidelijk wordt aangegeven wanneer een ruimte (of gebied) niet zonder (adem)bescherming kan worden betreden.

Het is belangrijk dat hulpverleners bedacht zijn op uitzonderlijke situaties, zoals incidenten waarbij één of enkele personen onwel zijn geworden in een slecht geventileerde ruimte waar gasvorming kan hebben plaatsgevonden. Denk hierbij aan een container met goederen of een laadruim van een schip (bijv. fosfinegas of koolstofdioxide), een gierput (ammoniakgas, waterstofsulfidegas) of een incident in een onderhoudsruimte van een zwembad (chloorgas).

Bij het betreden van een drugslaboratorium, bijvoorbeeld na een incident (brand/explosie), of een locatie waar drugsafval is gedumpt, kan blootstelling plaatsvinden aan chemicaliën gebruikt voor de productie van drugs (o.a. ammonia, zuren, logen, organische oplosmiddelen, toxische alcoholen zoals methanol), bijproducten (zoals fosfinegas) en eventueel de drugs zelf (in poedervorm als verstuiving heeft plaatsgevonden). Uit een uitgebreide review van de literatuur blijkt dat vooral de producenten (en soms hun huisgenoten) hoog waren blootgesteld, bijv. door langdurig werken in methanoldamp, door het vrijkomen van fosfinegas, of na een explosie met hierdoor besmetting met chemicaliën.<sup>[kop]</sup> Bij gebruik van handschoenen en bedekkende kleding is inhalatie de relevante blootstellingsroute voor hulpverleners. Gemelde klachten zijn hierbij over het algemeen mild en reversibel. Het is wel van belang langdurige of herhaalde blootstelling te voorkomen, omdat dit wel kan leiden tot gezondheidsklachten. Als voorbeeld: een forensisch onderzoeker werkte (zonder adembescherming) gedurende 20 tot 30 minuten in een methamfetaminelaboratorium en merkte daar een knoflooklucht op. Ze kreeg last van duizeligheid, hoesten, hoofdpijn en diarree. Hoesten en kortademigheid verbeterden langzaam maar waren na 9 maanden nog aanwezig bij inspanning. Hierbij kan worden opgemerkt dat bij het verwijderen van slachtoffers uit de besmette omgeving, de blootstellingsduur van een hulpverlener korter zal zijn. Om hoge blootstelling te voorkomen dienen hulpverleners bij voorkeur in een ruimte met schone lucht te werken of gebruik te maken van PBM.

Aanwezigheid van een vreemde geur op de locatie en/of het optreden van (irritatie)klachten zijn waarschuwingssignalen; al hoeft de afwezigheid hiervan niet altijd te betekenen dat er geen risico is. Bij twijfel over de veiligheid voor hulpverleners bij het betreden van een locatie kan contact worden opgenomen met de Adviseur Gevaarlijke Stoffen (AGS) van de brandweer of de Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijk Stoffen (GAGS) van de GGD (die in nauw contact staat met de AGS).

#### **6.1.1. Risico voor hulpverleners in een thuissituatie**

In geval van eenvoudige incidenten in een thuissituatie zal er in heel zeldzame gevallen sprake kunnen zijn van een beperkt 'brongebied'. Bij blootstelling door verdamping van vluchtige vloeistoffen is het voor te stellen dat er in een thuissituatie een hogere blootstelling mogelijk is als naast de patiënt ook de omgeving is besmet door bijv. braken na inname. Het risico zal over het algemeen beperkt zijn bij gangbare consumentenproducten die in een kleine hoeveelheid aanwezig zijn in een huishouden, zoals bijv. oplosmiddel of chloor bevattende producten.

In geval van een besmette omgeving moet een slachtoffer snel in de frisse lucht worden gebracht of eventueel naar een schone ruimte. Als alternatief kunnen ramen en deuren in de ruimte worden geopend. Met deze maatregelen is de blootstelling van de hulpverleners beperkt.

Een opmerkelijke casus<sup>[gro4]</sup> is een incident waarbij door familie werd opgemerkt dat twee personen in hun woning op de grond lagen. Hulpverleners die de woning betraden roken een sterke chloorlucht en kregen last van geïrriteerde ogen en luchtwegen. Als oorzaak werd het vrijkomen van chloorgas verondersteld vanuit een open fles bleekmiddel en vanuit aangetroffen braaksel. Op het moment dat de brandweer aanwezig was werd echter geen hoge concentratie gemeten. Uit later onderzoek naar de toedracht bleek één man door wurging om het leven te zijn gekomen waarna de dader een poging tot zelfdoding deed door het innemen van medicatie en het drinken van bleekmiddel. De bewusteloze dader werd naar het ziekenhuis vervoerd waar enkele hulpverleners eveneens irritatieklachten kregen. Waarschijnlijk door blootstelling aan chloorgas vrijgekomen uit braaksel. De spoedeisende hulp werd hierna gesloten. Personen die in direct contact waren geweest met de slachtoffers of in de woning aanwezig waren geweest, moesten douchen, hun ogen spoelen en schone kleren aantrekken.

Het NVIC is van mening dat hier sprake is geweest van buitenproportionele maatregelen. Vorming van chloorgas is een relatief veel voorkomend ongeluk in een thuissituatie. Dit vindt meestal plaats door het per ongeluk mengen van een chloorhoudend middel met een zure reiniger (bijv. sanitair-reiniger; zuur werkt tegen kalkaanslag). Deze blootstellingen veroorzaken over het algemeen slechts milde klachten bij de direct betrokkene, vaak in een afgesloten ruimte zoals een toilet of badkamer. Klachten verdwijnen snel na verplaatsen naar de frisse lucht.



Incidenteel kan het voorkomen dat mensen een poging tot zelfdoding ondernemen met een gas, dat bijv. kan vrijkomen door menging van consumentenproducten (zogenaamde 'detergent suicide'). Dit zou bijv. chloorgas kunnen zijn zoals hierboven beschreven maar ook koolmonoxide<sup>[lin2]</sup> of waterstofsulfidegas<sup>[mor2]</sup> door het mengen van specifieke chemische producten.

In Japan vond in 2008 een enorme toename van het aantal zelfdodingen met waterstofsulfidegas plaats nadat informatie over deze methode via het internet verspreid werd. Morri en collega's<sup>[mor2]</sup> meldden in een periode van ongeveer drie maanden een totaal van 220 casus waarin 208 dodelijke slachtoffers te betreuren waren. De auteurs gaven aan dat in sommige gevallen ook hulpverleners werden blootgesteld, zonder details over de ernst.

Deze trend heeft in Nederland geen navolging gekregen. In de afgelopen jaren is bij het NVIC één keer melding gemaakt van zelfdoding door blootstelling aan waterstofsulfidegas in een auto.

Er zijn meerdere stoffen die in contact met water of zuur gasvorming veroorzaken, zoals cyanidezouten, fosfideverbindingen of natriumazide (paragraaf 4.2.4). Bij een poging tot zelfdoding is het echter meer gebruikelijk dat deze middelen worden ingenomen. Bij het NVIC zijn geen meldingen bekend waarbij deze stoffen zijn gebruikt om een hoge concentratie gas in een ruimte te veroorzaken.

Als aanwijzingen voor het gebruik van gas bij een poging tot zelfdoding worden genoemd:<sup>[usd,lin2]</sup> slachtoffer zonder tekenen van trauma, in een kleine afgesloten ruimte (toilet, badkamer, slaapkamer, kast, auto), aanwezigheid van tape of plastic over kieren/roosters om de ventilatie te verminderen, vreemde geur (rotte eieren, amandelen, knoflook, ...), aanwezige open/lege productverpakkingen of een emmer waarin chemicaliën zijn gemengd, waarschuwing door het slachtoffer op een briefje, of personen in de omgeving met (ademhalings)klachten.

In een thuissituatie waarin meerdere personen onwel zijn geworden (of bewusteloos geraakt) zou dit ook veroorzaakt kunnen zijn door een onbedoelde blootstelling aan koolmonoxide.

Neem bij aanwijzingen voor een mogelijk hoge concentratie gas contact op met de Adviseur Gevaarlijke Stoffen (AGS) van de brandweer of de Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijk Stoffen (GAGS) van de GGD (die in nauw contact staat met de AGS).

#### 6.1.1.1. *Zelfdodingspoeders in een thuissituatie*

Het NVIC merkt bij hulpverleningsdiensten (zowel politie, brandweer als ambulancediensten) veel ongerustheid over de eigen veiligheid na meldingen van inname van een zogenaamd 'zelfdodingspoeder' ('middel X'). Er is zowel ongerustheid over het risico bij direct contact met de patiënt zelf (zie paragraaf 6.2) alsook over het risico bij het betreden van de woning.

Het is belangrijk om te beseffen dat het bij inname van een 'zelfdodingspoeder' kan gaan om verschillende verbindingen, momenteel (periode 2017 t/m 2022 van schrijven) vooral natriumazide en natriumnitriet. Voor natriumnitriet is een antidotum beschikbaar en deze personen hebben bij snelle toediening meer kans op overleving. Na inname van natriumazide wordt een beperkte hoeveelheid waterstofazide (gas) in de maag gevormd. Na inname van natriumnitriet wordt *geen* gas gevormd.

In de thuissituatie is eventueel overgebleven natriumazide in (open) zakjes of buisjes geen gevaar voor aanwezigen. Bij direct huidcontact met poeder of met braaksel van de patiënt dient dit wel meteen afgewassen te worden met ruim water en milde zeep. Hoewel droog poeder niet snel door de huid zal worden opgenomen, kan dit wel plaatsvinden na langdurig contact en vochtig worden door zweten. Het is niet te verwachten dat poeder in grote hoeveelheden verstuipt, waardoor er geen inhalatierisico is. Wel wordt na inname van natriumazide door contact met water in de maag het gas waterstofazide gevormd. Kleine hoeveelheden van dit gas kunnen met oprispingen vrijkomen en mogelijk in de uitademingslucht van de patiënt aanwezig zijn. Dit zal geen gevaarlijke concentratie in de ruimte veroorzaken en deze kan zonder adembescherming worden betreden.

Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen inname van natriumazide door een persoon en een industriële ongeval met deze stof. Bij een industrieel ongeval komen grotere hoeveelheden

natriumazide vrij en is er mogelijk meer verspreiding in geval van brand of explosie. Bij hoge stofconcentraties in de lucht zijn de risico's voor hulpverleners reëel. Protocollen voor bijvoorbeeld de brandweer, die een rampgebied moet betreden, zijn gebaseerd op dergelijke grootschalige ongevallen. Uiteindelijk draait het er om of er genoeg blootstelling en opname van de stof in het lichaam kan plaatsvinden, om een serieuze vergiftiging te veroorzaken. Dit is alleen beschreven na inslikken van natriumazide.

Zie voor meer informatie over het secundaire risico na inname van natriumazide door een patiënt ook [paragraaf 4.2.4](#) en [paragraaf 4.3.4](#). Een factsheet met informatie over klinisch beeld, behandeling en risico voor hulpverleners is opgenomen als bijlage 3.

## 6.2. Secundaire blootstelling ambulancepersoneel

Als *alleen* wordt gekeken naar *secundaire* blootstelling (door contact met een chemisch of radioactief besmette patiënt) dan zijn de voorzorgsmaatregelen om deze blootstelling te beperken, de standaard persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) ([hoofdstuk 3](#)) en het risico op gezondheidsklachten ([hoofdstuk 4](#)) zoals beschreven voor ziekenhuispersoneel, ook van toepassing op ambulancepersoneel.

Let op: het gaat in deze paragraaf *niet* over mogelijke blootstelling aan de primaire bron in het incidentgebied ([paragraaf 6.1](#)). Het gaat dus om situaties waarin het incidentgebied zonder risico kan worden betreden of waarin de brandweer de slachtoffers overdraagt vanuit de 'hot zone'.

Standaard PBM (handschoenen, bedekkende werkkleding, mondneusmasker, oogbescherming) bieden voor ambulancepersoneel voldoende bescherming tegen secundaire blootstelling bij gangbare besmettingen met bijv. consumenten- en professionele producten, van een enkele persoon door een incident in een thuis- of werksituatie ([paragraaf 6.2.1](#)). Het is hierbij belangrijk om maatregelen te nemen om blootstelling te beperken zoals braaksel snel en volledig opruimen of afdekken en geen mond-op-mond beademing toepassen ([paragraaf 6.2.2](#)).

Uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) worden volgens protocol alleen aangeraden bij een groot incident, bij inzet van ambulancepersoneel in de 'warm zone' (bovenwinds dus geen blootstelling aan de primaire bron) ([paragraaf 6.2.3](#)). Maar zelfs als zeer gevaarlijke stoffen betrokken zijn, is het risico op significante secundaire toxiciteit klein ([paragraaf 6.2.5](#)). Er is geen reden om levensreddende zorg uit te stellen, ook als de persoonlijke bescherming nog niet *direct* optimaal is.

Er zijn weinig gegevens bekend over het risico tijdens vervoer. Het is voor te stellen dat concentraties in de beperkte ruimte van een ambulance hoger zouden kunnen oplopen dan in een grotere ruimte. Vanuit de meldingen aan het NVIC, berekeningen van concentraties gevaarlijke stoffen in de ambulance en vanuit casusbeschrijvingen in de wetenschappelijke literatuur zien wij echter geen aanwijzingen dat ambulancepersoneel bij vervoer een verhoogd risico loopt in geval van gangbare besmettingen ([paragraaf 6.2.4](#)). Er worden zeer incidenteel alleen lichte en reversibele klachten gemeld ([paragraaf 6.2.5](#)), net als bij ziekenhuispersoneel ([hoofdstuk 4](#)). Het is belangrijk om (ernstig) besmette kleding te verwijderen vóórdat vervoer plaatsvindt. Goede ventilatie is in een ambulance aanwezig en uit voorzorg kunnen eventueel aanvullend ramen worden geopend voor extra ventilatie (indien mogelijk) zodat blootstelling aan damp vanuit een restbesmetting of door vrijkomen van gas uit de maag (of in uitademingslucht) beperkt is.

De conclusie is dat ambulancemedewerkers met de beschikbare PBM volgens de huidige protocollen voldoende beschermd zijn tegen secundaire blootstelling.

### Radioactief materiaal

Bij een met radioactief materiaal besmette patiënt is voor hulpverleners slechts een zeer beperkte stralingsdosis te verwachten. Deze dosis kan worden opgelopen door secundaire besmetting met de radioactieve stoffen zelf of door 'uitwendige bestraling' (met de 'patiënt als bron').

De hoeveelheid radioactief materiaal die een slachtoffer meedraagt naar het ziekenhuis is beperkt. Zie voor meer informatie [paragraaf 4.4.1](#).

#### **6.2.1. Standaard PBM**

Bij contact met een chemisch of radioactief besmette patiënt wordt uitgegaan van het dragen van handschoenen en bedekkende werkkleding zodat direct huidcontact wordt voorkomen. Dit is bij gangbare besmettingen voldoende om medische handelingen uit te voeren, eventueel (ernstig) besmette kleding te verwijderen voordat vervoer plaatsvindt, en om de patiënt naar het ziekenhuis te vervoeren. Het risico op een significante inhalatieblootstelling door verdamping of gasvorming is beperkt. In geval van een uitgebreide besmetting met vaste stofdeeltjes (zoals traangas, metalen in poedervorm, sommige radioactieve stoffen) wordt aangeraden om ook een mondneusmasker (chirurgisch type IIR of bij voorkeur FFP2 adembeschermingsmasker), oogbescherming en muts/haarnetje te dragen om blootstelling aan opdarrelende deeltjes te beperken.

Deze standaard persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) (aanwezig in de ambulance) zijn voldoende in geval van gangbare besmettingen van een enkele persoon in een thuis- of werksituatie:

- Besmetting met weinig vluchtige stoffen, zoals zuren en logen.  
Geen inhalatieblootstelling. Direct huidcontact voorkomen door gebruik van handschoenen.
- Besmetting met vluchtige chemicaliën in consumenten- en professionele producten, bijv. door een ongeluk tijdens gebruik of door braken na inname van chemische producten. Denk aan oplosmiddelen ([paragraaf 4.2.3.1](#)) aanwezig in bestrijdingsmiddelen ([paragraaf 4.3.1](#)): hooguit milde klachten door blootstelling aan oplosmiddeldamp of door de vieze geur (de actieve stof in bestrijdingsmiddelen is weinig vluchtig).
- Besmetting met vaste stofdeeltjes, zoals traangas ([paragraaf 4.2.2.1](#)), metalen in poedervorm en sommige radioactieve stoffen ([paragraaf 4.4](#)). Draag mondneusmasker en veiligheidsbril.
- Vrijkomen van giftige gassen uit de maag die zijn gevormd door contact van de ingenomen stof met water/maagzuur, zoals natriumazide, fosfideverbindingen of cyanideverbindingen. In de uitademingslucht en in eventuele oprispingen uit de maag, komt slechts een kleine hoeveelheid gas vrij. Dit is te weinig om een serieuze intoxicatie bij de hulpverleners te veroorzaken. Zie voor meer informatie [paragraaf 4.3.4](#).
- Restbesmetting van de huid als de kleding al is verwijderd ('droge decontaminatie'), bijv. bij een enkel slachtoffer na een (industriële) bedrijfsongeval met een gevaarlijke vluchtige stof. Let op: in geval van grotere incidenten waarbij de brandweer (veel) slachtoffers vanuit de 'hot zone' na ontkleding overdraagt naar de 'warm zone', draagt ambulancepersoneel volgens protocol op locatie wel uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) ([paragraaf 6.2.3](#)).

#### **6.2.2. Maatregelen om secundaire blootstelling te beperken**

- Vóór vervoer (ernstig) besmette kleding verwijderen (vooral bij vluchtige vloeistoffen).
- Geen directe mond-op-mond beademing toepassen maar een 'Ambu Bag' gebruiken. Het risico zal ook bij toepassen van mond-op-mondbeademing klein zijn (de hulpverlener ademt uit) maar er kunnen mogelijk nog restbesmettingen op de lippen en rond de mond aanwezig zijn.
- Braaksel direct opruimen of afdekken om verder vrijkomen van gas of damp te voorkomen.
- In geval van poeder, vloeistof of braaksel op de onbeschermdde huid van de hulpverlener: snel afwassen met ruim water en eventueel milde zeep.
- Bij vervoer van een patiënt besmet met vaste stofdeeltjes (zoals ook radioactief materiaal) kan de brancard worden afgedekt met een laken dat vervolgens om de patiënt heen wordt

teruggeslagen. In de literatuur wordt ook de 'dubbele-laag techniek' beschreven waarbij de brancard en de patiënt afzonderlijk in een plastic afdekzeil worden gewikkeld.<sup>[ren]</sup> Met deze maatregelen kan secundaire besmetting van de ambulance(apparatuur) en de medewerkers worden voorkomen. Dit scheelt veel schoonmaakwerk achteraf omdat radionucliden doorgaans moeilijk te verwijderen zijn.

- Tijdens vervoer (paragraaf 6.2.4) ventilatie verhogen (hoogste stand, indien instelbaar), eventueel aanvullend een raam openen (indien mogelijk in het patiëntcompartiment).

Dit is zeker aan te raden in geval van:

- o Braken van de patiënt (naast snel en volledig opruimen/afdekken).
- o Waarnemen van een vieze geur.
- o Optreden van milde klachten bij ambulancepersoneel zoals bijv. irritatie van ogen en luchtwegen.

Het is bij het nemen van bovenstaande maatregelen niet te verwachten dat de concentraties van gevaarlijke stoffen in de ambulance hoog oplopen. De norm voor minimale ventilatie in een ambulance is gesteld op 20 verversingen per uur (1 keer elke 3 minuten)<sup>[nen]</sup> en in veel gevallen zal de capaciteit van de ventilator zelfs nog hoger zijn.

Let op: ook het waarnemen van een sterke geur kan voor onrust en zelfs het optreden van symptomen zorgen. Daarnaast kunnen angst en stress een rol spelen bij het ervaren van klachten.

### 6.2.3. Uitgebreide PBM in het incidentgebied

De kans dat ambulancepersoneel te maken krijgt met slachtoffers die zijn besmet met (zeer) toxische vluchtige stoffen is klein. Dit zou wel kunnen plaatsvinden na een grootschalig industrieel- of transportincident of na een terroristische aanslag. In een ideale situatie draagt de brandweer dan vanuit de 'hot zone' slachtoffers over aan de ambulancediensten in de 'warm zone', waarbij in ieder geval besmette kleding is verwijderd ('droge decontaminatie').

Volgens de informatiekaart in de 'Arbocatalogus 2020'<sup>[azn]</sup> opereert ambulancepersoneel in de 'warm zone' met uitgebreide persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM): adembescherming met combinatiefilter (in volgelaatsmasker), chemicaliënbestendige kledingbescherming ('overall') en nitril handschoenen. Dit gebied ligt bovenwinds van het brongebied en is dus niet besmet.

De informatiekaart geeft aan: "*De persoonlijke beschermingsmiddelen moeten hulpverleners beschermen tegen secundaire besmetting bij chemische, biologische, radiologische en nucleaire incidenten. [...] Het ambulancepersoneel zal in staat moeten zijn triage, spotdecontaminatie en levensreddende handelingen te verrichten in de warme zone.*"<sup>[azn]</sup>

Vanwege mogelijk langdurige inzet en hierbij triage en behandeling van meerdere chemisch of radioactief besmette slachtoffers is een hogere beschermingsgraad verstandig. Dit is vergelijkbaar met het advies om in het ziekenhuis uitgebreide PBM te gebruiken bij decontaminatie van meerdere patiënten, ook bij minder gevaarlijke besmettingen (paragraaf 3.2).

Als naar het risico van secundaire chemische en radiologische blootstelling wordt gekeken dan geldt echter ook voor ambulancepersoneel dat levensreddende handelingen altijd kunnen worden uitgevoerd, ook als de bescherming om wat voor reden dan ook nog niet *direct* optimaal is.

Slachtoffers die al 'droge decontaminatie' hebben ondergaan vormen namelijk maar een zeer beperkt risico voor hulpverleners aangezien 70-90%<sup>[chi,cox]</sup> van een besmetting al met de kleding is verwijderd.

Zelfs bij contact met niet gedecontamineerde slachtoffers is het risico op significante secundaire blootstelling bij grote industriële- of transportincidenten of terroristisch aanslagen klein. Deze situatie kan zich voordoen indien ambulancepersoneel als eerste in het incidentgebied aanwezig is en dus de organisatie in het rampgebied nog niet (volledig) is opgestart. Door *alleen* secundaire blootstelling zijn hooguit milde klachten te verwachten als tenminste direct huidcontact wordt voorkomen. Dit is vergelijkbaar met de situatie in het ziekenhuis: ook bij artsen die zonder adembescherming met het

strijdmiddel sarin besmette slachtoffers behandelden, bleven de klachten beperkt ([paragraaf 4.3.2](#)). Zeer illustratief is ook de inzet van ambulancepersoneel in het incidentgebied na de aanslag met sarin in Matsumoto (Japan; 1994).<sup>[nak]</sup> Hierbij was er zowel mogelijke blootstelling door aanwezigheid in het besmette gebied (de 'uitstoot' van sarin was al wel gestopt) als door contact met besmette slachtoffers, maar serieuze gezondheidsklachten traden niet op ([paragraaf 6.2.5.2](#)).

In het algemeen is het beperkte risico op secundaire toxiciteit te verklaren doordat bij grote industriële- of transportincidenten slachtoffers vaak worden blootgesteld aan damp of gas na brand of explosie. Slachtoffers in het incidentgebied kunnen zo een gevaarlijke inhalatieblootstelling oplopen. Gas blijft echter beperkt in kleding van slachtoffers hangen en damp zal maar in beperkte mate condenseren op huid en kleding. Evenzo zal bij een terroristische aanslag een gevaarlijke stof worden verspreid door bijv. explosie of verneveling en hierdoor treedt ook 'verdunding' op. De mate van uitwendige besmetting van de slachtoffers is in veel gevallen dus beperkt ([paragraaf 4.1.2](#)). Tenslotte zal de hulpverlener bij standaard maatregelen (bescherming tegen direct huidcontact) alleen door verdamping van vluchtige stoffen of opdarren van vaste stofdeeltjes vanaf de besmette patiënt kunnen worden blootgesteld. Deze secundaire blootstelling is zeer beperkt.

Hoewel zeldzaam, zijn er scenario's waarin een slachtoffer uitgebreider besmet kan zijn met een gevaarlijke stof, denk bijv. aan een incident binnen een chemiebedrijf. Het is in dat geval wel de verwachting dat vanuit de bedrijfshulpverlening een slachtoffer al ontdaan is van besmette kleding voordat ambulancemedewerkers ter plaatse zijn.

Een andere mogelijkheid is een ongeval met gevaarlijke stoffen in een drugslaboratorium (zie ook [paragraaf 6.1](#)) waarbij slachtoffers kunnen zijn besmet met diverse chemische stoffen zoals ammonia, zuren, logen, organische oplosmiddelen, toxische alcoholen (bijv. methanol) en de drugs zelf (in poedervorm als verstuiving heeft plaatsgevonden). In de literatuur heeft het NVIC vier casus<sup>[hor,hor2,bur]</sup> gevonden waarbij slachtoffers zich na een ongeval in een drugslaboratorium op eigen gelegenheid en zonder eerst te decontamineren presenteerden op de spoedeisende hulp en dit tot secundaire blootstelling van ziekenhuispersoneel leidde. De klachten waren mild en reversibel: misselijkheid, braken, duizeligheid en irritatie van de slijmvliezen. Secundaire blootstelling van ambulancepersoneel is in de geraadpleegde literatuur niet beschreven.

Het is bij dergelijke uitzonderlijke incidenten, die mogelijk niet direct zijn opgeschaald, verstandig om te overleggen met de Adviseur Gevaarlijke Stoffen (AGS) van de brandweer of de Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijk Stoffen (GAGS) van de GGD (die in nauw contact staat met de AGS).

#### **6.2.4. Beperkt risico tijdens vervoer naar ziekenhuis**

Een verschil tussen mogelijke blootstelling in het ziekenhuis en tijdens het vervoer in de ambulance kan het gevolg zijn van de grootte van de ruimte en de mate van ventilatie. De ventilatie wordt in een standaard behandelkamer in het ziekenhuis voldoende verondersteld. In een afgesloten ruimte met beperkt volume, zoals in een ambulance of helikoptercabine, is het aannemelijk dat de concentraties van de toxische stoffen in de lucht hoger zouden kunnen oplopen.

Verdamping van een vluchtige vloeistof kan vanaf kleding of huid van de patiënt plaatsvinden. Deze besmetting zal beperkt zijn bij het volgen van de standaardprocedure, waarbij een patiënt pas wordt vervoerd na tenminste droge decontaminatie (ook zo nodig uit te voeren door ambulancepersoneel). Aan de andere kant kunnen (rest)besmettingen waarvan verondersteld wordt dat ze al zijn verdampt voor aankomst in het ziekenhuis,<sup>[geo]</sup> wel een blootstelling veroorzaken in de ambulance.

Ten slotte kan na ingestie van bepaalde stoffen, toxisch gas uit de maag vrijkomen (en in beperkte mate in uitademingslucht aanwezig zijn) of kan de patiënt tijdens vervoer gaan braken waarbij vanuit het braaksel gassen vrij kunnen komen of vluchtige vloeistoffen kunnen verdampen.

Uit worst case berekeningen volgt dat theoretisch de concentraties van toxische vluchtige stoffen in een afgesloten ambulance (of cabine van een helikopter) levensgevaarlijk hoog kunnen oplopen.

Takegawa en collega's<sup>[tak]</sup> berekenden bijv. luchtconcentraties als 100 mL van twee zeer toxische stoffen (afzonderlijk) zouden vrijkomen. In een scenario met verdamping van chloorpicrine (een zeer toxisch chemisch strijdmiddel) uit braaksel en in een scenario met uitademing/oprisping van waterstofsulfidegas gevormd door reactie van calciumpolysulfide met maagzuur na inname. Takegawa en collega's deden echter onrealistische aannames. Ten eerste namen zij aan dat er direct volledige verdamping of gasvorming van al het materiaal plaatsvindt, terwijl dit in de praktijk geleidelijk en ook slechts gedeeltelijk (bij uitademing) zal vrijkomen in de omgeving. Verder berekenden zij de luchtconcentratie *zonder* ventilatie, wat niet realistisch is.

Hoe snel een gevaarlijke concentratie in de praktijk zal worden bereikt en of dit binnen het tijdsbestek van een relatief korte rit naar het dichtstbijzijnde ziekenhuis kan plaatsvinden is van veel factoren afhankelijk, zoals snelheid van gasvorming of verdamping (ook afhankelijk van temperatuur en mate van verspreiding over het oppervlak), hoeveelheid gas dat vrijkomt uit de maag of in uitademingslucht aanwezig is in geval van inname, en de mate van ventilatie in de ambulance. Het is zinniger om in realistische scenario's de opbouw van de luchtconcentraties in de tijd ofwel te modelleren ofwel daadwerkelijk te meten. Vrijkomen van gas na inname is hierbij het meest relevante scenario omdat deze uitstoot niet kan worden voorkomen, zoals wel mogelijk is bij een uitwendige besmetting door kleding te verwijderen en in het geval van braken door het braaksel snel en volledig op te ruimen of af te dekken (paragraaf 6.2.2). Onderzoek naar de opbouw van concentraties chemische stoffen in de ambulance tijdens vervoer van een besmette patiënt is in de literatuur door het NVIC niet gevonden. Uit berekeningen van het NVIC waarbij rekening is gehouden met ventilatiemogelijkheden in ambulances, blijkt dat de concentraties gas in een ambulance niet snel hoog oplopen als een patiënt bijvoorbeeld een fosfideverbinding heeft ingenomen (zie paragraaf 6.2.4.1 en bijlage 5).

#### Ventilatie verhogen

Om blootstelling zoveel mogelijk te beperken is het belangrijk om in de ambulance te zorgen voor een goede ventilatie. Ambulancemedewerkers moeten hiervoor de mechanische ventilatie op de hoogste stand zetten (indien mogelijk). De minimaal vereiste ventilatie in een ambulance is gesteld op 20 complete verversingen van de ruimte per uur, dus elke 3 minuten een complete verversing.<sup>[nen]</sup> In de praktijk is de capaciteit van de ventilator vaak nog hoger. Eén ambulancebouwer geeft een standaard capaciteit van 35 verversingen per uur aan. Dus hoewel het patiëntcompartiment een beperkt volume heeft, is de ventilatievoud erg hoog. Zo nodig kunnen aanvullend ramen worden geopend als dit mogelijk is in het patiëntcompartiment. Afhankelijk van het basisvoertuig zit er in sommige ambulances een schuifraam in het raam van de rechter schuifdeur. Eventueel kunnen de ramen voor in de ambulance en het schuifraam tussen de compartimenten open worden gezet. Het is echter niet de verwachting dat het op deze manier verhogen van de ventilatie nodig is maar het kan overwogen worden bij braken van de patiënt (naast snel en volledig opruimen/afdekken om verder uitdampen/gasvorming te voorkomen), het waarnemen van een vieze geur of bij optreden van milde klachten bij ambulancepersoneel zoals bijv. irritatie van ogen en luchtwegen. Het openen van ramen is toegepast bij het vervoer van met sarin besmette slachtoffers van de metroaanslag in Tokio in 1995 (zie paragraaf 6.2.5.2).

#### Vervoer per helikopter

Voor bemanning van een traumahelikopter kunnen onvoldoende gedecontamineerde slachtoffers een risico vormen. Door Yanagawa en collega's<sup>[yan]</sup> wordt aangeraden om tijdens CBRN incidenten geen traumahelikopters in te zetten aangezien het onwel worden van de piloot grote gevolgen kan hebben. Dit vanwege mogelijke secundaire blootstelling maar ook vanwege mogelijke directe blootstelling in het incidentgebied (dit laatste zou moeten worden vermeden door bovenwinds aan te vliegen). Renard en collega's<sup>[ren]</sup> wijzen er terecht op dat dit *niet* geldt voor een patiënt die is besmet met radioactief materiaal na een stralingsincident (het risico is beperkt, zie paragraaf 4.4.1).

In Nederland wordt alleen het medisch team met de helikopter naar het incidentgebied gebracht en gaat de patiënt (met arts) vervolgens met de ambulance naar het ziekenhuis. Inzet van een traumahelikopter is dan uiteraard veilig, mits bovenwinds aan- en afgevlogen wordt.

#### 6.2.4.1. *Berekening van fosfineconcentraties in de ambulance*

Om een idee te krijgen van de opbouw van concentraties in de ambulance heeft het NVIC een eerdere modelberekening naar fosfineconcentraties in een behandelkamer van een ziekenhuis<sup>[lee]</sup> ook uitgevoerd voor de situatie tijdens ambulancevervoer (niet gepubliceerde data; zie bijlage 5). Dit naar aanleiding van een werkelijke casus waarbij een man een suïcidepoging deed door inname van twee tabletten aluminiumfosfide. Het eerste contact vond plaats met de ambulancedienst, waarbij het NVIC waarschuwde voor gasvorming en zo nodig het gebruik van een Ambu Bag aanraadde voor beademing. Klachten zijn door ambulancemedewerkers niet gemeld na vervoer van deze patiënt naar het ziekenhuis. Bij aankomst werd de patiënt door angst voor secundaire blootstelling niet toegelaten op de spoedeisende hulp en werd hij langdurig buiten in een decontaminatietent verpleegd.

In de modelberekeningen door het NVIC is de uitscheiding van fosfinegas gebaseerd op een proefdierstudie.<sup>[who]</sup> Voor de ventilatie in de ambulance is uitgegaan van zowel de minimaal vereiste ventilatie volgens de norm NEN-EN 1789<sup>[nen]</sup> (20 verversingen per uur) als van een maximale ventilatie zoals opgegeven door één specifieke ambulancebouwer (35 verversingen per uur).

Bij inname van één tablet blijft de piekconcentratie in de cabine ook bij minimale ventilatie ruim onder het 'tijdgewogen gemiddelde' (TGG-8u) van 0,14 mg/m<sup>3</sup> voor werknemers (veilig geacht bij blootstelling aan deze concentratie gedurende 8 uur per dag, 40 uur per week).<sup>[sco,riv]</sup>

Gezondheidsproblemen zijn hierbij niet te verwachten.

Bij twee tabletten is de concentratie relatief hoog omdat bij grotere inname het percentage dat vrij kan komen als fosfinegas veel hoger ligt. De concentratie in de cabine bouwt in dat geval op tot een *piekconcentratie* van 1,29 mg/m<sup>3</sup> bij minimale ventilatie en 0,77 mg/m<sup>3</sup> bij maximale ventilatie (bereikt na respectievelijk 9 en 5 minuten waarna de concentratie weer langzaam afneemt).

Deze piekwaarden liggen boven het 'tijdgewogen gemiddelde' voor een 15 minuten durende blootstelling voor werknemers (TGG-15min; 0,28 mg/m<sup>3</sup>).<sup>[sco,riv]</sup>

Als we deze concentraties echter vergelijken met de rampeninterventiewaarden dan liggen deze ver onder de alarmeringsgrenswaarde (AGW) van 5,6 mg/m<sup>3</sup> voor eenmalige *constante* blootstelling gedurende 30 minuten.<sup>[riv]</sup> Bovendien heeft men deze AGW waarde voor fosfinegas zeer conservatief opgesteld.<sup>[nat]</sup> Desalniettemin zijn milde klachten bij eenmalige blootstelling aan de berekende concentratie ook niet geheel uit te sluiten. Hierbij moet worden opgemerkt dat voor de 'uitstoot in de tijd' worst case aannames zijn gemaakt waardoor de daadwerkelijke concentraties in de ambulance zeer waarschijnlijk veel lager zullen zijn (zie bijlage 5).

De bovenstaande modellering is bedoeld om met 'realistische worst case aannames' aan te tonen dat de concentratie in een ambulance niet snel levensgevaarlijk hoog oploopt. Dit als tegenhanger van (te) eenvoudige berekeningen met maximale theoretische gasvorming en uitstoot, zonder ventilatie.

Tenslotte is het belangrijk om te beseffen dat zelfs als de modellering kan worden verbeterd (uitstoot meer realistisch, effect van rijsnelheid op ventilatie, etc.) en de uitkomsten daardoor de realiteit beter benaderen, dit niet wegneemt dat er zich altijd een uitzonderlijke situatie kan voordoen waarbij het risico voor ambulancepersoneel reëel is. Wat fosfideverbindingen betreft is in de literatuur bijv. een casus beschreven waarbij een patiënt niet één of twee, maar 250 tabletten had ingenomen.<sup>[mus]</sup>

In het ziekenhuis leidde dit tot milde klachten bij hulpverleners nadat een grote hoeveelheid uit de maag terugkwam (zie [paragraaf 4.3.3](#)). De concentratie fosfinegas zal zich echter wel geleidelijk opbouwen in de ruimte. In veel gevallen zal hierdoor ambulancepersoneel worden gewaarschuwd (zoals ook in het ziekenhuis gebeurde) door geur en/of het optreden van milde gezondheidsklachten, zodat een hoge secundaire blootstelling kan worden voorkomen.

### 6.2.5. Milde klachten na secundaire blootstelling van ambulancepersoneel

In de praktijk blijkt dat voor ambulancepersoneel, net als voor ziekenhuispersoneel, geldt dat het optreden van secundaire toxiciteit tijdens behandeling en vervoer van een patiënt zeldzaam is en dat als er klachten optreden, deze mild en reversibel van aard zijn. Deze klachten kunnen worden veroorzaakt door blootstelling aan een lage concentratie van de betrokken stoffen maar kunnen ook het gevolg zijn van stank (bijv. door oplosmiddelen bevattende producten) en/of van angst voor blootstelling.

N.B. In de literatuur is in de casusbeschrijvingen nooit aangegeven wat de ventilatie in de ambulance was. De huidige norm<sup>[nen]</sup> uit 2020 geeft aan dat de inhoud van het patiëntcompartiment 20 keer per uur ververst dient te kunnen worden. Dat dit in het verleden niet altijd zo was blijkt uit een onderzoek naar luchtstromen in de ambulance waarbij een maximale ventilatie van 5 verversingen per uur wordt gemeld voor een (Amerikaanse) ambulance uit 2005.<sup>[lin]</sup>

#### 6.2.5.1. *Ervaring uit meldingen aan het NVIC*

Van 2006 t/m 2021 is het NVIC 17 keer gebeld door ambulancepersoneel vanwege zorgen over de eigen veiligheid bij vervoer van een patiënt met een uitwendige chemische besmetting of een patiënt die een chemisch product had ingenomen. In 2 van de 17 gevallen werden klachten gemeld die mogelijk samenhangen met secundaire blootstelling (aan de stof of als reactie op een vieze geur).

- In één casus werd een ambulanceverpleegkundige 'onwel' nadat een patiënt had gebrakt na inname van diverse chemische producten (o.a. chloorbleekmiddel, spiritus en anti-vlooiemiddel).
- In een andere casus konden de klachten mogelijk ten dele worden toegeschreven aan inhalatie van oplosmiddeldamp uit een bestrijdingsmiddel: hoofdpijn (mogelijk gerelateerd), nekpijn (niet gerelateerd).

In de overige 15 casus waarbij bezorgdheid over secundaire blootstelling werd geuit, werden geen klachten gemeld. Het ging hierbij relatief vaak om inname door de patiënt van natriumazide (5x). Daarnaast om inname van kaliumcyanide, lampenolie, formaline, toluen, (super)warfarine rattengif of een organofosfaat insecticide. In één geval was er een mogelijke uitwendige besmetting met een bestrijdingsmiddel (advies: decontaminatie voor vervoer). Twee keer ging het om blootstelling van slachtoffers aan gassen: fosgeen en (vermoedelijk) waterstofcyanide door bedrijfsongevallen.

Het is belangrijk om te beseffen dat het NVIC over veel van deze stoffen veel vaker wordt gebeld. Over bijv. inname van natriumazide is het NVIC in de periode 2017 t/m 2021 in totaal 24 keer geraadpleegd. Het optreden van gezondheidsklachten door secundaire blootstelling werd in geen van deze gevallen gemeld: niet tijdens behandeling in het ziekenhuis en ook niet tijdens vervoer.

#### 6.2.5.2. *Casusbeschrijvingen in de wetenschappelijke literatuur*

In een door het NVIC uitgevoerde review van wetenschappelijke literatuur over secundaire blootstellingen, lag de aandacht bij ziekenhuispersoneel.<sup>[gro5]</sup> In het totaal van 23 incidenten (met één of enkele patiënten) waarbij het optreden van klachten bij ziekenhuispersoneel is gemeld, wordt 11 keer melding gemaakt van vervoer per ambulance naar het ziekenhuis. De informatie over mogelijke secundaire blootstelling van ambulancepersoneel is in de casusbeschrijvingen zeer beperkt:

- In drie gevallen wordt helemaal niet gerapporteerd over mogelijke gezondheidsklachten bij het ambulancepersoneel.<sup>[mor,noc,lar]</sup> Ervan uit gaande dat het optreden van klachten tijdens vervoer wel noemenswaardig zou zijn is de veronderstelde afwezigheid hiervan in deze gevallen interessant. Betreffende casus:



- Patiënt met inname van drie tabletten aluminiumfosfide (vorming fosfinegas).<sup>[noc]</sup> Ambulancepersoneel was 4 minuten in aanwezigheid van patiënt op locatie, waarna 15 minuten tijdens vervoer. In het ziekenhuis werd een sterke geur waargenomen en traden snel na aankomst klachten op bij ziekenhuispersoneel (misselijkheid). Klachten bij ambulancepersoneel zijn niet beschreven.
- Tientallen personen werden blootgesteld aan traangas (vaste stofdeeltjes) in een nachtclub.<sup>[mor]</sup> In het ziekenhuis kregen twee verpleegkundigen last van irritatie van keel en ogen tijdens het ontkleden van 12 patiënten op de spoedeisende hulp (opdarren van stofdeeltjes). Klachten bij ambulancepersoneel tijdens vervoer of tijdens het verlenen van hulp op de incidentlocatie zijn niet beschreven.
- Besmetting met zwavelzuur (en mogelijk fosforzuur).<sup>[lar]</sup> Bij aankomst op de spoedeisende hulp was een sterke geur waarneembaar en ontstonden klachten bij ziekenhuispersoneel tijdens het uitvoeren van decontaminatie. Door de lage vluchtigheid van deze stoffen lijkt significante blootstelling echter onwaarschijnlijk. Klachten bij ambulancepersoneel zijn niet beschreven.
- Na vervoer van een patiënt die arseentrioxide had ingenomen (waarbij vorming van arsinegas optreedt) werd aangegeven dat het ambulancepersoneel geen klachten had, in tegenstelling tot het ziekenhuispersoneel.<sup>[kin]</sup> In het ziekenhuis was de blootstelling aan arsinegas vermoedelijk hoger door het uitvoeren van maagspoeling en het later uitvoeren van een operatie waarbij de maag werd verwijderd (blootstelling door gasvorming, maar in dit geval waarschijnlijk ook door blootstelling aan deeltjes in nog vaste vorm).
- In twee andere casus van gasvorming in de maag werden medische hulpverleners, inclusief ambulancepersoneel, geëvalueerd. Bij het ene incident met natriumazide<sup>[dow]</sup> werd achteraf alleen bepaald of significante blootstelling had plaatsgevonden en dit bleek niet het geval. Naar het optreden van milde klachten werd echter niet gevraagd. In de andere casus met aluminiumfosfide<sup>[ste2]</sup> werd alleen genoemd dat er 'geen blijvende klachten' optraden.
- In een casus waarbij een patiënt na inname van een organofosfaat bestrijdingsmiddel gedurende 60 minuten per ambulance werd vervoerd en onderweg braakte, is alleen in het algemeen gerapporteerd over klachten bij medische hulpverleners: een deel had 'milde klachten' maar hierbij is onduidelijk of dit tijdens vervoer of tijdens behandeling in het ziekenhuis optrad.<sup>[sta]</sup>
- Bij het vervoer van een patiënt die was blootgesteld aan pepperspray kreeg een ambulancemedewerker last van irritatie van ogen en luchtwegen.<sup>[hor]</sup>
- Na vervoer van een patiënt die 'van top tot teen' besmet was met een organofosfaat insecticide werd een ambulancemedewerker onwel (klachten niet gespecificeerd).<sup>[mer]</sup>
- In twee gevallen traden lichte klachten op door aanwezigheid in het incidentgebied (branden bij methamfetamine-laboratoria) en dus blootstelling aan de primaire bron.<sup>[hor]</sup>
- Vanuit een ziekenhuis in Sri Lanka wordt door Roberts<sup>[rob]</sup> gemeld dat bij ziekenhuispersoneel maar heel zelden milde en kortdurende gezondheidsklachten (misselijkheid, kortademigheid) optreden bij de behandeling van patiënten die een organofosfaat insecticide hebben ingenomen. Dit terwijl in een periode van 2 jaar meer dan 700 patiënten zijn ontvangen. De auteur geeft aan dat dit mogelijk komt door de goede ventilatie ('behandelruimte open naar de buitenlucht') maar voegt hier ook aan toe: 'However, we are not aware of reports of more severe toxicity in relatives or ambulance officers who transfer patients.'

### Analyse van 33.000 chemische incidenten

In een analyse van chemische incidenten in de Verenigde Staten in de periode 2003-2006 is ook gekeken naar het optreden van secundaire toxiciteit bij ambulancepersoneel.<sup>[hor2]</sup> Van de naar schatting 1900 incidenten waarbij patiënten naar het ziekenhuis werden vervoerd (zie paragraaf 4.1.1), werden in vijf gevallen door ambulancepersoneel milde klachten gemeld door secundaire blootstelling. De vervoerde patiënten waren besmet met zwavelzuur, oplosmiddelen, chloorbleekmiddel, ammonia of traangas.

Voornaamste symptomen bij ambulancepersoneel waren irritatie van luchtwegen en ogen. In één geval traden chemische brandwonden op na direct huidcontact met zwavelzuur. Deze blootstelling had voorkomen kunnen worden door het gebruik van handschoenen.

Het lijkt logisch te veronderstellen dat secundaire blootstellingen optraden tijdens vervoer maar dit is niet altijd duidelijk. Slechts enkele incidenten worden door de auteurs ter illustratie beschreven en in tenminste één daarvan bleek ambulancepersoneel te zijn blootgesteld in het incidentgebied (traangas) en niet tijdens vervoer.

### Aanslagen met het strijdmiddel sarin als worst case blootstelling

Het is interessant om stil te staan bij de aanslagen met het strijdmiddel sarin in Matsumoto (Japan) in 1994 en in Tokio (Japan) in 1995 als 'worst case' (secundair) blootstellingsscenario. Sarin is een vloeibare organofosfaat (dampspanning ongeveer gelijk aan water) dat ook wel ten onrechte wordt aangeduid als zenuw'gas'. Secundaire blootstelling kan plaatsvinden door inhalatie na verdamping of door direct huidcontact.

In een woonwijk in Matsumoto werd door sekteleiden 12 liter sarin verspreid door middel van een verwarmingselement en een ventilator op een truck.<sup>[nak]</sup> Hierbij werden in totaal 600 personen blootgesteld en waren 7 dodelijke slachtoffers te betreuren. Bij de hulp in het incidentgebied en bij het vervoer van slachtoffers naar het ziekenhuis waren 52 hulpverleners betrokken. Bij 18 hulpverleners traden klachten op door blootstelling aan sarin en één hulpverlener werd opgenomen in het ziekenhuis. Decontaminatie van slachtoffers in het incidentgebied vond niet plaats en er werd door hulpverleners standaard werkkleding gedragen (geen handschoenen, geen adembescherming). In eerste instantie was namelijk niet bekend dat het om een aanslag met een gevaarlijke stof ging. Een medische evaluatie van de hulpverleners vond drie weken na de aanslag plaats en een follow-up met een vragenlijst na een jaar.

Nakajima en collega's<sup>[nak]</sup> beschrijven de blootstelling en klachten:

- Hulpverlener opgenomen in het ziekenhuis.  
Deze hulpverlener was samen met twee collega's 35 minuten na de aanslag als eerste aanwezig in het besmette incidentgebied, dicht bij de plek (20 meter) waarvandaan verspreiding had plaatsgevonden. Bij betreden van een huis waar zich twee ernstig blootgestelde slachtoffers bevonden, traden bij hem direct visusstoornissen op ('donkerder zicht'). Drie slachtoffers werden naar het ziekenhuis vervoerd waarbij de hulpverlener één slachtoffer reanimeerde. In een periode van 4,5 uur daarna zocht hij in het incidentgebied (binnen en buiten) naar slachtoffers (periode van 2 uur) en vervoerde hij 6 slachtoffers in twee ritten naar het ziekenhuis. Bij het beëindigen van de dienst had hij hoofdpijn, begon te braken en werd hij opgenomen in het ziekenhuis waar hij met atropine werd behandeld en zuurstof kreeg toegediend. Het cholinesterasegetal, als indicatie van de mate van blootstelling, werd niet bepaald. Dezelfde dag verliet hij op eigen initiatief het ziekenhuis.
- Overige hulpverleners:  
Tijdens het werk werden de volgende symptomen waargenomen bij 17 hulpverleners: pijn in ogen (9), visusstoornissen ('donkerder zicht' 4, 'vernauwing van gezichtsveld' 2), misselijkheid of braken (3), hoofdpijn (3), loopneus (3), keelpijn (2), vermoeidheid (2),

moeilijke ademhaling (1). Klachten waren bij medische evaluatie drie weken later niet meer aanwezig en op dat moment was het cholinesterasegetal bij niemand afwijkend.

Let op: visusklachten kunnen ook optreden na direct contact van sarindamp met de ogen en zijn dus niet per sé een teken van systemische toxiciteit.

Het is lastig om aan dit incident conclusies te verbinden over *alleen* het risico van secundaire blootstelling omdat de hulpverleners zowel aanwezig waren in het besmette gebied (de 'hot zone') als contact hadden met besmette slachtoffers en deze vervoerden naar het ziekenhuis. Daarnaast zal er naast inhalatieblootstelling ook direct huidcontact kunnen zijn opgetreden omdat handschoenen niet werden gebruikt. Inzet vond plaats vanaf 35 minuten na verspreiding van sarin. Hoe later hulpverleners werden ingezet, hoe kleiner de kans op het optreden van symptomen was. Uiteraard is dit wel een situatie waarbij, indien het scenario bekend is, in het incidentgebied (volgens protocol) uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter, chemicaliënbestendige overall en handschoenen) zouden moeten worden gedragen om blootstelling te voorkomen. Duidelijk is wel dat de klachten bij hulpverleners mild waren en levensreddende handelingen zonder grote problemen konden worden uitgevoerd.

Ruim een half jaar later pleegde dezelfde sekte een tweede aanslag: in Tokio werden ruim 5500 mensen blootgesteld aan sarin doordat deze stof in verschillende metrostations werd verspreid. Er waren twaalf dodelijke slachtoffers te betreuren. Van de 1364 ingezette ambulancemedewerkers werden er 135 (9,9%) behandeld in het ziekenhuis vanwege het optreden van secundaire toxiciteit (ernst onduidelijk).<sup>[oku4]</sup> Bij de meeste medewerkers traden symptomen op bij vervoer van slachtoffers naar het ziekenhuis. In totaal werden 688 slachtoffers vervoerd. Verondersteld werd dat secundaire blootstelling plaatsvond door verdamping van sarin vanaf besmette kleding van de niet gedecontamineerde slachtoffers. Door ambulancepersoneel werd geen adembescherming gedragen en ventilatie in de ambulances was in eerste instantie slecht door de gesloten ramen (ventilatievoud niet gemeld). Na het signaleren van secundaire toxiciteit bij het ambulancepersoneel werd aangeraden om tijdens het vervoer de ramen volledig te openen. Dit incident onderstreept het belang van ventilatie tijdens vervoer en het belang van droge decontaminatie (verwijderen van kleding) voordat slachtoffers worden vervoerd.

In paragraaf 4.3.2 is de secundaire blootstelling van ziekenhuispersoneel bij deze aanslag beschreven. Symptomen bleven hier beperkt tot milde klachten.

# Literatuur

- [abr] Abrams J. Suicidal Sodium Azide Ingestion. *Ann. Emerg. Med.* 1987;16:1378-1380.
- [aki] Akinci E. et al. Secondary intoxication of emergency department personnel with a flammable and highly toxic gas: a lethal aluminum phosphide poisoning case. *Hong Kong J Emerg Med* 2012;19(1):54-7.
- [and] Anderson J. et al. Secondary (nosocomial) poisoning from organophosphates in health workers, fact or fiction? *Toxicol Lett* 2010;196 (Suppl 1):S321.
- [and2] Andrews J.M. et al. The biohazard of cyanide poisoning during post-mortem examination. *Journal of Forensic Sciences* 1989;34(5):1280-1284.
- [azn] AZN 2020, Arbocatalogus ambulancezorg. 'Veilig, gezond en plezierig werken in de ambulancezorg'.
- [boe] Leidraad CBRN. Boele et al. 2009.
- [bur] Burgess et al. Emergency Department Hazardous Materials Protocol for Contaminated Patiënts. *Ann. Emerg. Med.* 1999;34:205-212.
- [bur2] Burton J.L. Health and safety at necropsy. *J Clin Pathol.* 2003;56: 254–260.
- [bur3] Burgess J.L. Hospital evacuations due to hazardous materials incidents. *Am J Emerg Med.* 1999;17:50–52.
- [but] Butera R. et al. Secondary Exposure to malathion in emergency department health-care workers. *Clin. Tox.* 2002; 40(3):386-387.
- [che] Chemiekaarten. Gegevens voor veilig werken met chemicaliën. SDU uitgevers. 2018; 33ste ed. ISBN 978 90 12 40072 5.
- [chi] Chilcott R.P. Managing mass casualties and decontamination. *Environment International* 72 (2014) 37–45.
- [chr] Christophers A.J. et al. Dangerous bodies: a case of fatal aluminum phosphide poisoning. *MJA* 2002;176:403.
- [cla] Clarke S. Acute Sulphuric Acid Exposure – Don't Delay Decontamination. *HPA Chemical Hazards and Poisons Report.* 2006;6:12.
- [cox] Cox R.D. Decontamination and Management of Hazardous Materials Exposure Victims in the Emergency Department. *Ann Emerg Med.* 1994;23:761-770.
- [dir] Department of Industrial Relations. Table AC-1: permissible exposure limits for chemical contaminants. URL: [http://www.dir.ca.gov/title8/5155table\\_ac1.html](http://www.dir.ca.gov/title8/5155table_ac1.html)
- [dow] Downes M.A. et al. Sodium azide ingestion and secondary contamination risk in healthcare workers. *European Journal of Emergency Medicine.* 2016; 23:68-70.
- [gel] Geller R.J. et al. Nosocomial poisoning associated with emergency department treatment of organophosphate toxicity - Georgia, 2000. *Clin Toxicol* 2001;39(1):109-11.
- [geo] Georgopoulos P.G. et al. Hospital Response to Chemical Terrorism: Personal Protective Equipment, Training, and Operations Planning. *Am. J. Ind. Med.* 46: 432-445, 2004.
- [gro] Ronald de Groot, Gerard van Zoelen, Marianne Leenders, Jan Meulenbelt. Gevolgen voor ziekenhuispersoneel worden vaak overschat. *Risico's chemisch besmette patiënt vallen mee.* *Medisch Contact.* 2015;70(juni):1179-1181.  
URL: <http://www.medischcontact.nl/archief-6/Tijdschriftartikel/149993/Risicos-chemisch-besmette-patiënt-vallen-mee.htm>
- [gro2] R. de Groot, C.J. van Loon, M.E.C. Leenders, J. Meulenbelt. Kennis en middelen in ziekenhuizen voor opvang van slachtoffers na stralingsincidenten. *NVIC Rapport 06/2015.*
- [gro3] NVIC document 'Triage en eerste opvang van slachtoffers na stralingsincidenten'.  
URL: <https://nvc.umcutrecht.nl/nl/downloads>
- [gro4] Ronald de Groot, Antoinette JHP van Riel, Gerard A van Zoelen, Marianne EC Leenders, Irma de Vries, Jan Meulenbelt. Fear of secondary exposure of healthcare personnel can lead to disproportionate measures. *Clinical Toxicology* 2015; 53: 324

- [gro5] Ronald De Groot, Gerard A. Van Zoelen, Marianne E. C. Leenders, Antoinette J. H. P. Van Riel, Irma De Vries & Dylan W. De Lange. Is secondary chemical exposure of hospital personnel of clinical importance? *Clinical Toxicology*. 2021; 59(4): 269-278.  
URL: <https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1860216>
- [had] *Clinical Management of Poisoning and Drug Overdose*. editors: Haddad LM, Shannon MW, Winchester JF. Philadelphia, PA., USA; WB Saunders Company. 1998; 3e ed: 17-18, 244-245.
- [hic] Hick J.L. et al. Protective Equipment for Health Care Facility Decontamination Personnel: Regulations, Risks, and Recommendations. *Ann Emerg Med*. 2003;42:370-380.
- [hir] Hirose Y, Hata K, Honda H, et al. Clinical study of a sodium azide poisoning cluster. *Nihon Kyukyu Igakukai Zasshi*. 2001;12(3):125-129.
- [hor] Horton D.K. et al. Secondary contamination of ED personnel from hazardous materials events, 1995-2001. *Am J Emerg Med* 2003;21(3):199-204.
- [hor2] Horton D.K. et al. Secondary contamination of medical personnel, equipment, and facilities resulting from hazardous materials events, 2003-2006. *Disaster Med Public Health Prep* 2008;2(2):104-113.
- [hor3] Horton D.K. et al. Secondary Contamination of Emergency Department Personnel from 0-Chlorobenzylidene Malonitrile Exposure. *Ann. Emerg. Med*. 2005;45(6):655-658.
- [ifv] Handreiking decontaminatie. Instituut Fysieke Veiligheid. Werkversie 1.1, januari 2019.
- [kin] Kinoshita H. et al. Oral Arsenic Trioxide Poisoning and Secondary Hazard from Gastric Content. *Ann Emerg Med*. 2004;44:625-627.
- [kop] Arjen Koppen, Anja P. G. Wijnands-Kleukers, Femke M. J. Gresnigt & Dylan W. de Lange. Clinical toxicology of exposures to chemicals from clandestine drug laboratories: a literature review. *Clinical Toxicology*. 2022; 60(5): 559-570.  
URL: [10.1080/15563650.2022.2041201](https://doi.org/10.1080/15563650.2022.2041201)
- [lin] Lindsley et al. Efficacy of an ambulance ventilation system in reducing EMS worker exposure to airborne particles from a patient cough aerosol simulator. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2019; 16(12):804-816.
- [lin2] Lin P.T. et al. Suicidal carbon monoxide poisoning by combining formic acid and sulfuric acid within a confined space. *J. Forensic Sci*. 2014;59(1):271-273.
- [lit] Little M. et al. Consensus statement: risk of nosocomial organophosphate poisoning in emergency departments. *Emerg Med Australas* 2004(Oct);16(5-6):456-8.
- [lar] Larson T.C. et al. The threat of secondary chemical contamination of emergency departments and personnel: an uncommon but recurrent problem. *Disaster Med Public Health Prep*. 2016; 10:199-202.
- [lee] Leenders, M.E.C.; Hunault, C.C.; de Vries, I. Does a patient with severe aluminum phosphide intoxication pose a danger to healthcare providers? *ClinTox* 2017; 55(5): 509.
- [mer] Merritt N.L. et al. Case review. Malthion overdose: When one patient creates a departmental hazard. *Journal of emergency nursing*. 1989; 15(6): 463-465.
- [meu] J. Meulenbelt, I de Vries, JCA Joore. *Behandeling van acute vergiftigingen*. Praktische richtlijnen. Bohn Stafleu van Loghum. 1996, Houten.
- [mis] Misra U.K. et al. Occupational phosphine exposure in Indian workers. *Toxicology Letters*. 1988;42:257-263.
- [mor] Morcom F. Incident 2: report of a mass casualty incident dealt with by an accident and emergency department. 2003;28:6-8.
- [mor2] Morii et al. Japanese experience of hydrogen sulfide: the suicide craze in 2008. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2010;5:28.
- [mus] Musleh A., Seifert S.A., Smolinske S.C., Bora K., Gutierrez C., Warrick BJ. Metal phosphide ingestions: How the hospital became a HAZMAT incident. *Am J Emerg Med* 2018; 36(8): 1510-1511.

- [nab] Naber et al. Regionale Handreiking 'Opvang chemisch besmette patiënten op de SEH'. Versie 2013. Regionale Projectgroep CBRN, Netwerk Acute Zorg Zwolle, Acute Zorg Euregio
- [nab2] Naber et al. Handreiking 'Opvang van R&N patiënten op de SEH'. Netwerk Acute Zorg Zwolle en het Netwerk Acute Zorg Euregio.
- [nak] Nakajima T. et al. Sarin poisoning of a rescue team in the Matsumoto sarin incident in Japan. *Occup Environ Med* 1997;54:697-701.
- [nat] Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals: Volume 6. The National Academies Press. ISBN: 0-309-11214-1. URL: <http://www.nap.edu/catalog/12018.html>
- [nen] NEN-EN 1789: 2020. Medische voertuigen en hun uitrusting - Ambulances
- [ncr] Management of persons contaminated with radionuclides: handbook. NCRP report No. 161. 2008.
- [noc] Nocera A. et al. Dangerous bodies: a case of fatal aluminium phosphide poisoning. *MJA* 2000;173:133-135.
- [noz] Nozaki M. et al. Secondary exposure of medical staff to sarin vapour in the emergency room. *Intensive Care Med* 1995;21:1032-1035.
- [okd] Okudera et al. Unexpected Nerve Gas Exposure in the City of Matsumoto: Report of Rescue Activity in the First Sarin Gas Terrorism. *Am J Emerg Med* 1997;15:527-528
- [oku] Okumura T. et al. The Tokyo subway sarin attack: Disaster management, part 2: Hospital response. *Acad Emerg Med* 1998;5(6):618-24.
- [oku2] Okumura T. et al. Report on 640 Victims of the Tokyo Subway Sarin Attack. *Ann Emerg med* 1996;28:129-135.
- [oku3] Okumura S. et al. Clinical review: Tokyo – protecting the health care worker during a chemical mass casualty event: an important issue of continuing relevance. *Critical Care* 2005;9:397-400.
- [oku4] Okumura T. et al. The Tokyo subway sarin attack: Disaster management, part 1: Community Emergency Response. *Acad Emerg Med* 1998;5(6):613-17.
- [osh] OSHA Best Practises for HOSPITAL-BASED First Receivers of Victims from Mass Casualty Incidents Involving the Release of Hazardous Substances. January 2005. URL: [https://www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/firstreceivers\\_hospital.html](https://www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/firstreceivers_hospital.html)
- [pol] le Polain de Waroux et al. Prevalence of and Risks for Internal Contamination among Hospital Staff Caring for a Patiënt Contaminated with a Fatal Dose of Polonium-210. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2011; 32(10):1010-1015.
- [rea] The Medical Aspects of Radiation Incidents pocket guide. Radiation Emergency Assistance Center/Training Site (REAC/TS). Oak Ridge Institute for Science and Education (ORISE). 4<sup>th</sup> edition, 07/2017. URL: <https://orise.orau.gov/resources/reacts/documents/medical-aspects-of-radiation-incidents.pdf>
- [rem] Radiation Emergency Medical Management website. U.S. Department of Health & Human Services. URL: <https://www.remm.nlm.gov/>
- [rie] Van Riel A.J.H.P., Wijnands-Kleukers A.P.G., Dekker D., et al. Death on demand: public debate leads to increasing use of "suicide powders. *Clin Toxicol.* 2019;57:539–540.
- [riv] Interventiewaarden voor incidentbestrijding: interventiewaarden, stofdocumenten en handleiding. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). 2021
- [rob] Roberts D. et al. Secondary contamination in organophosphate poisoning. *QJM* 2004;97:697-8.
- [sch] Schultz M. et al. Simulated Exposure of Hospital Emergency Personnel to Solvent Vapors and Respirable Dust During Decontamination of Chemically Exposed Patiënts. *Ann Emerg Med* 1996; 26: 324-329.
- [sco] Recommendation of the Scientific Committee for Occupational Exposure Limits for phosphine. EUR 18216 - SCOEL/SUM/58 final. 1998
- [sha] Shadnia S. et al. Spontaneous ignition due to intentional acute aluminum phosphide poisoning. *The journal of Emergency Medicine* 2011;40(2):179-181.

- [sta] Stacey R. et al. Secondary contamination in organophosphate poisoning: analysis of an incident. QJM 2004;97(2):75-80.
- [ste] Stewart-Evans J.L. et al. A narrative review of secondary hazards in hospitals from cases of chemical self-poisoning and chemical exposure. European Journal of Emergency Medicine. 2013;20:304-309.
- [ste2] Stewart A. et al. Incident 3: phosphine suicide. Chemical Incident report. Chemical Incident Response Service Guy's and St Thomas' Hospital NHS Trust. 2003; 27:23–26.
- [tak] Takegawa et al. Risk assessment of rescue helicopter or ambulance transport of patients ingesting hazardous volatile materials [artikel in Japans]. Chudoku Kenkyo 2016; 29(1):16-20.
- [tat] John Tat, Karen Heskett, Shiho Satomi, Renate B. Pilz, Beatrice A. Golomb, Gerry R. Boss Sodium azide poisoning: a narrative review, Clinical Toxicology. 2021;59(8):683-697  
URL: 10.1080/15563650.2021.1906888
- [tmt] TMT Handbook. Triage Monitoring and Treatment of people exposed to ionising radiation following a malevolent act. 2009. URL: [www.tmthandbook.org](http://www.tmthandbook.org)
- [usd] Chemical Suicides: The Risk to Emergency Responders. Chemical Hazards Emergency Medical Management (CHEMM) Website. U.S. Department of Health & Human Services. URL: <https://chemm.hhs.gov/chemicalsuicide.htm>
- [ver] NVIC Rapport 11/2022 'Radiologische gevolgen van een transportongeval met medische radionucliden'. R.B.T. Verkooijen, R. de Groot, M.E.C. Leenders, R.O. Blaauboer, G.A. van Zoelen, A.J.H.P. van Riel, D.W. de Lange.
- [who] Environmental Health Criteria (EHC) 73. Phosphine and selected metal phosphides. International Programme on Chemical Safety (IPCS). World Health Organisation (WHO). 1988
- [yan] Yanagawa et al. Should helicopters transport patients who become sick after a chemical, biological, radiological, nuclear, and explosive attack? Air Medical Journal 2018;37:124-125.

# Bijlagen

## Bijlage 1 Factsheet 'Aandachtspunten bij uitwendige decontaminatie'

Uitwendige decontaminatie nuttig	Uitwendige decontaminatie weinig/geen nut
<ul style="list-style-type: none"><li>– Vaste stof (deeltjes/poeder).</li><li>– Vloeistof.</li><li>– Aerosol (druppelnevel).</li><li>– Damp (condensatie).</li></ul> <p>Echter: groot deel zal verdampt zijn voor aankomst in ziekenhuis.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– <i>Radioactiviteit</i>: uitwendige besmetting.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Gassen worden niet of nauwelijks in kleding meedragen. Bij huid en/of slijmvliesklachten door bijv. blootstelling aan goed in water (slijmvliesvocht/transpiratie) oplosbare irriterende gassen (zoals chloorgas) kan spoelen van de ogen of aangedane huid nodig zijn.</li><li>– <i>Radioactiviteit</i>: uitwendige bestraling zonder besmetting (radioactief materiaal niet verspreid).</li></ul>

### Algemene aandachtspunten

- Levensreddende handelingen hebben prioriteit boven decontaminatie.
- Niet-ambulante personen: liggend op een brancard decontamineren.
- Bij besmetting van een beperkt huidoppervlak: gedeeltelijke (lokale) decontaminatie.
- 'Eerst water, de rest komt later' geldt in alle gevallen van besmetting met chemische/radioactieve stoffen, ook als stoffen (exotherm) reageren met water. Bij spoelen met ruim stromend water leidt een dergelijke reactie niet tot extra risico's voor de patiënt.
  - Slecht in water oplosbare stoffen ('water loopt dan in parels over de huid'): water en zeep en zodra beschikbaar polyethyleenglycol (PEG).
  - NIET gebruiken:
    - oplosmiddelen (bijv. aceton, benzeen of terpentijn) of
    - 'neutraliserende' verbindingen (bijv. zuur bij alkalische besmetting).

Let op: als in het incidentgebied alleen koud water voorhanden is, bestaat er in combinatie met weersomstandigheden kans op onderkoeling. Het kan dan de voorkeur hebben om ter plekke alleen kleding te verwijderen en op een geschikte locatie nat te decontamineren.

- Decontaminatieprocedure:

Maak een afweging op basis van de specifieke situatie. In het algemeen geldt dat het zo snel mogelijk starten van de decontaminatie cruciaal is. In zeer veel situaties heeft de dichtstbijzijnde kraan/douche sterk de voorkeur boven een vertraging door het opzetten van een speciale decontaminatietent (bijv. huidblootstellingen aan corrosieve verbindingen).

### Aandachtspunten bij droge decontaminatie

- Verwijder voorzichtig de besmette schoenen en kleding (dit verwijdert 70-90% van de besmetting).
  - Kleding niet over het hoofd uittrekken. Openknippen van hoofd naar voeten. Als de patiënt kan staan: van achteren openknippen zodat kleding van het gezicht wegvalt.
  - Niet wapperen met kleding om zo min mogelijk stof te verspreiden.
  - Als kleding aan huid vastgekleefd zit: niet lostrekken maar losweken met water.
  - Los stof/poeder van huid verwijderen met vochtige doekjes, gaas, (hand)doek, pincet.
- Besmette schoenen/kleding in afgesloten dubbele plastic zak. Label met patiëntgegevens.
  - Plaats de zak met besmet materiaal uit de buurt van verblijfplaatsen van personen.
- Persoonlijke bezittingen in een aparte plastic zak en eventueel labelen.



### **Aandachtspunten bij natte decontaminatie**

- Was met een zachte straal ruim lauwwarm water (25-30°C) en eventueel milde zeep.
  - o In richting van hoofd naar voeten. Spoel water weg van ogen, neus en mond.
  - o Haren, nagels en huidplooiën extra goed spoelen.
- Voorkom beschadigen van de huid:
  - o Gebruik geen harde borstel.
  - o Niet hard schrobben.
- Bij blootstelling aan corrosiva (zuren of basen) minimaal 30 minuten spoelen.
- Bij lokale besmetting:
  - o Bij stoffen met goede huidabsorptie (o.a. fenol, aniline): de huid wassen met ruim water en niet langs het lichaam 'afspoelen'.
  - o Wonden uitspoelen met ruim lauwwarm water of fysiologische zoutoplossing.

### Ogen

- Contactlenzen verwijderen, indien dit makkelijk gaat.
- Ogen 15-30 minuten spoelen met ruim lauwwarm water, fysiologische zoutoplossing of Ringerlactaat.
  - o Oogleden spreiden met schone vingers.
  - o Stroomrichting: vanaf binnenste ooghoek naar buiten.
  - o Gebruik eventueel een 'Morgan lens'.
- Let op: bij corrosieve stoffen kan langdurig spoelen nodig zijn.

Blijven na het spoelen klachten bestaan: consulteer oogarts.

### **Aandachtspunten bij radioactieve besmetting**

#### Volledig droge/natte decontaminatie bij uitgebreide besmetting/grote groepen slachtoffers

Procedure grotendeels gelijk aan procedure bij chemische besmetting, met aandacht voor:

- Plastic zakken met radioactief besmet materiaal (ook sponzen e.d. gebruikt bij decontaminatie), labelen met 'Radioactief besmet'. Afscherming met lood niet nodig.
- Bij uitgebreide besmetting van het bovenlichaam:
  - o Neem met wattenstaafjes voor ieder neusgat apart een 'neusmonster' af en bewaar deze gescheiden in plastic zakjes/testbuisjes. Label met 'Radioactief besmet' en patiëntgegevens.
  - o Indien door het grote aantal slachtoffers het individueel afnemen niet mogelijk is: slachtoffers neus laten snuiten en tissues verzamelen in aparte plastic zakjes.
  - o Na monstername: neus snuiten en spoelen met water of fysiologische zoutoplossing.
  - o Poets tanden. Spoel mond enkele keren met water, gorgel en spuug uit (monstername niet nodig).
- Bij (gemeten) restbesmetting van het haar: haar afknippen (niet scheren).
- Voorkom verspreiding van radioactieve stof: dek vloer, brancard/behandeltafel af met plastic.

#### Gedeeltelijke natte decontaminatie bij beperkte lokale besmetting van een enkele persoon

De procedure richt zich op beperken van verspreiding van radioactief materiaal:

- Breng met een besmettingsmonitor de besmette gebieden in kaart en markeer deze met een stift.
- Plak de onbesmette huid rondom de besmetting af met waterdicht materiaal en tape.
- Voorzie de patiënt van mondkapje om inhalatie van radioactieve deeltjes te voorkomen.
- Maak met vochtige tissues cirkelbewegingen van buitenkant van het besmette gebied naar het midden toe.

#### Specifieke aandacht voor besmette wonden

- Radioactieve scherven/deeltjes met een lange pincet verwijderen (afstand houden). In plastic zakje gelabeld met 'Radioactief besmet' en patiëntgegevens. Bij voorkeur opslag in loodpot.
- Wonden uitspoelen met water of fysiologische zoutoplossing (opvangen).

## Wanneer is de huid voldoende gedecontamineerd

Chemische besmetting	Radioactieve besmetting
Controle met meetapparatuur is niet goed mogelijk. Alternatief: <ul style="list-style-type: none"><li>– Zichtbare besmetting verwijderen.</li><li>– Besmetting met zuren/basen: eventueel controle met pH-papier (zowel bij huid- als oog-besmetting). Streven: pH circa 7.</li></ul>	Controle met stralingsmonitor: <ul style="list-style-type: none"><li>– Ideaal: achtergrondniveau.</li><li>– Praktisch: maximaal twee keer achtergrond.</li></ul> Stop decontaminatie als na drie keer decontamineren de stralingsniveaus niet verder afnemen. Restbesmetting kan duiden op inwendige besmetting.

### Meer informatie

- NVIC document 'Eigen veiligheid in perspectief'. Zie <https://nvic.umcutrecht.nl/nl/downloads>
- Factsheet 'Secundaire blootstelling van hulpverleners en persoonlijke beschermingsmiddelen'. Zie [www.vergiftigingen.info](http://www.vergiftigingen.info) (onder 'de lijst van behandelingen en protocollen').
- Review artikel over 'risico van secundaire blootstelling' in Clinical Toxicology: 'Is secondary chemical exposure of hospital personnel of clinical importance?' Zie <https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1860216>

Voor advies over het risico van de stoffen waarmee besmetting heeft plaatsgevonden (voor patiënt en hulpverlener) en de wijze van decontaminatie van de huid kan worden overlegd met:

- De Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijk Stoffen (GAGS) van de GGD die in elke regio via de regionale meldkamer ambulance (MKA) gealarmeerd kan worden.
- Het NVIC: 24/7 beschikbaar voor professionele hulpverleners via 088-755 8000. Zie de NVIC website [www.vergiftigingen.info](http://www.vergiftigingen.info) voor toxicologische en radiologische informatie.

## Bijlage 2 Factsheet 'Secundaire blootstelling van hulpverleners en persoonlijke beschermingsmiddelen'

**Standaard persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM)** bieden voldoende bescherming bij gangbare besmettingen van een enkele patiënt door een incident in een thuis- of werksituatie:

- Bedekkende werkkleding: spatschort met lange mouwen, handschoenen (bij voorkeur nitril).
- Medisch mondneusmasker (voorkeur FFP2) en oogbescherming (spatmasker/veiligheidsbril).

Deze bescherming voorkomt direct huidcontact en inhalatie van vaste stofdeeltjes.

Bij een radioactieve besmetting kan door hulpverleners een persoonsdosimeter worden gedragen voor het monitoren van de stralingsdosis. Dragen van een loodschort is niet nodig.

Standaard PBM zijn ook voldoende in geval van:

- Besmetting van huid/kleding met vluchtige chemicaliën uit producten, bijv. door braken na inname van oplosmiddel bevattende producten (zoals bestrijdingsmiddelen).
- Vrijkomen van giftige gassen uit de maag (contact van de stof met maaginhoud).
- Restbesmetting met een zeer toxische vluchtige stoffen als de kleding al is verwijderd.

De hoeveelheid damp/gas die in deze situaties vrijkomt is zeer beperkt en secundaire inhalatieblootstelling van hulpverleners veroorzaakt over het algemeen geen gezondheidsklachten.

Neem maatregelen om blootstelling te beperken:

- Behoud een goede ventilatie (patiënt niet isoleren in een slecht geventileerde ruimte). Ventilatie in een decontaminatieruimte en in een behandelkamer is voldoende.
- Verwijder kleding voorzichtig om opwarrelen van stofdeeltjes/poeder te voorkomen.
- Was na secundaire huidbesmetting de contactplaats direct met water en milde zeep.
- Braaksel of maaginhoud na maagspoeling snel en volledig opruimen/afvoeren.
- Pas geen directe mond-op-mond beademing toe (gebruik een Ambu Bag).
- Wissel personeelsleden indien zij effecten ervaren, bijv. zo nodig elke tien à twintig minuten.
- Radioactieve stoffen: houdt zo mogelijk afstand van de patiënt; gebruik bijv. lange pincetten om radioactieve metaaldeeltjes van de patiënt te verwijderen.

**Uitgebreide persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM)** overwegen in geval van:

- Uitgebreide besmetting met een (zeer) toxische stof (bijv. vluchtige strijdmiddelen).
- Triage en volledige decontaminatie van grote groepen slachtoffers (langdurig contact).

Levensreddende handelingen moeten doorgang vinden, ook als de bescherming van de hulpverlener om wat voor reden (nog) niet optimaal is!

- chemische besmetting: zelfs in het geval van uiterst toxische stoffen zijn bij hulpverleners in het ziekenhuis geen of hooguit milde klachten te verwachten.
- radioactieve besmetting: mogelijk opgelopen stralingsdosis door hulpverleners is zeer laag.

Uitgebreide PBM bestaan uit:

- Kledingbescherming: vloeistofdicht en chemicaliënbestendig 'overall'.
- Muts, als geen onderdeel van 'overall'.
- Handschoenen (nitril). Eventueel dubbele handschoenen (butyl over nitril).
- Overschoenen of laarzen.
- Oogbescherming: spatmasker ('face shield') of veiligheidsbril.
- Adembescherming: half- of volgelaatsmasker met combinatiefilter (gas/damp/stof)

NIET nodig: een volledig ondoordringbaar decontaminatiepak met gebruik van perslucht.

Na volledige decontaminatie: verdere behandeling zonder speciale PBM (normale werkkleding).

## Overzicht risico van secundaire blootstelling

Besmetting van het slachtoffer		Risico voor hulpverlener in ziekenhuis
<b>Gassen</b>	Geen condensatie op huid/kleding. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Chloorgas.</li> </ul>	<i>Geen risico:</i> Gassen worden niet of zeer beperkt megedragen in kleding.
	Gassen gevormd in de maag. Gassen in uitademingslucht. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aluminiumfosfide.</li> <li>– Cyanideverbindingen.</li> <li>– Natriumazide.</li> </ul>	<i>Beperkt risico:</i> De hoeveelheid gas die vrijkomt via oprispingen of aanwezig is in de uitademingslucht is te weinig om een serieuze blootstelling van hulpverleners te veroorzaken. Milde klachten zelden gemeld, vaak door vrijkomen van gas uit braaksel/maaginhoud.
<b>Dampen</b>	Mogelijk condensatie op huid/kleding (vloeistof).	<i>Beperkt risico:</i> Beperkte besmetting. Zie vluchtige vloeistoffen.
<b>Niet vluchtige vloeistoffen</b>	Direct (corrosief) effect. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sterke zuren of basen.</li> <li>– Waterstoffluoride.</li> </ul>	<i>Beperkt risico:</i> Geen gezondheidsklachten indien geen direct huidcontact. Direct contact is eenvoudig te voorkomen door gebruik van standaard PBM.
	Absorptie door de huid. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bijv. aniline, fenol, organofosfaten.</li> </ul>	
<b>Vluchtige vloeistoffen</b>	Zeer toxische vluchtige vloeistoffen. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bijv. organofosfaat strijdmiddelen (sarin).</li> </ul>	<i>Beperkt risico:</i> Hooguit milde klachten. Er zijn weinig stoffen met zowel een hoge toxiciteit als een mate van vluchtigheid dat ze in een beperkte hoeveelheid een blootstellingsrisico vormen voor hulpverleners in het ziekenhuis: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hoge vluchtigheid: groot deel van de vloeistof al verdampt voor aankomst in het ziekenhuis.</li> <li>– Lage vluchtigheid: beperkte blootstelling van hulpverleners door inhalatie.</li> </ul>
	Vluchtige oplosmiddelen. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Braken na inname van oplosmiddel bevattende producten (waaronder bestrijdingsmiddelen).</li> </ul>	<i>Beperkt risico:</i> Hooguit milde klachten (mogelijk ook door stank). Bestrijdingsmiddelen: werkzame stof is weinig vluchtig, stank door oplosmiddel.
<b>Vaste stoffen</b>	Irriterende stofdeeltjes. <ul style="list-style-type: none"> <li>– 'Traangas'/'pepperspray'.</li> </ul>	<i>Beperkt risico:</i> Hooguit milde klachten. Mogelijk na langdurig contact met meerdere besmette slachtoffers.
<b>Radioactieve stoffen</b>	Overwegend in de vorm van vaste stofdeeltjes.	<i>Beperkt risico:</i> Stralingsdosis van hulpverlener is zeer laag. Directe effecten (stralingsziekte) zijn NIET te verwachten.

## Risico van secundaire blootstelling voor ambulancepersoneel

Ambulancemedewerkers zijn volgens de huidige protocollen voldoende beschermd:

- Standaard PBM (handschoenen, FFP2 adembeschermingsmasker en veiligheidsbril) zijn aanwezig op de ambulance. Deze bieden voldoende bescherming bij gangbare besmettingen (bijv. met chemische producten) van een enkele persoon in een thuis- of werksituatie.
- Uitgebreide PBM (adembescherming met combinatiefilter) worden volgens protocol alleen aangeraden bij een groot incident (in overleg met AGS of GAGS), als ambulancepersoneel wordt ingezet nabij het brongebied (de 'warm zone').

Informatie over secundaire blootstelling in deze factsheet is ook van toepassing op ambulancepersoneel. Zelfs als zeer gevaarlijke stoffen betrokken zijn, is het risico op significante secundaire toxiciteit klein. Er is geen reden om levensreddende zorg uit te stellen, ook als de persoonlijke bescherming nog niet *direct* optimaal is.

#### Vervoer naar het ziekenhuis:

Vanuit de meldingen aan het NVIC, berekeningen van concentraties gevaarlijke stoffen in de ambulance en vanuit casusbeschrijvingen in de wetenschappelijke literatuur zijn er geen aanwijzingen dat ambulancepersoneel bij vervoer een verhoogd risico loopt in geval van gangbare (rest)besmettingen.

De volgende extra maatregelen zijn belangrijk om blootstelling te beperken (zie verder boven):

- Verwijder (ernstig) besmette kleding voordat vervoer plaatsvindt!
- Zet de ventilatie op de hoogste stand.
- Uit voorzorg eventueel aanvullend een raam openen voor extra ventilatie (indien mogelijk). Voornamelijk van nut bij braken van de patiënt (naast snel en volledig opruimen), het waarnemen van een vieze geur of bij optreden van milde klachten bij ambulancepersoneel zoals bijv. irritatie van ogen en luchtwegen.
- Bij besmetting met vaste stofdeeltjes (zoals ook radioactief materiaal) kan de brancard worden afgedekt met een laken dat vervolgens om de patiënt wordt heengeslagen.

#### Thuisituatie als mogelijk beperkt 'brongebied':

Bij incidenten in de thuisituatie kan de omgeving zijn besmet, bijv. door braken na inname van producten. Het risico is beperkt bij gangbare (oplosmiddel of chloor bevattende) producten die in een kleine hoeveelheid aanwezig zijn in een huishouden.

- Breng het slachtoffer zo snel mogelijk in de frisse lucht of naar een onbesmette ruimte.
- Als alternatief kunnen ramen en deuren in de ruimte worden geopend.

Let op: wees bedacht op situaties waarin een poging tot zelfdoding is ondernomen met een gas (menging van producten) of waarin mogelijk sprake is van blootstelling aan koolmonoxide.

Na *inname* van een 'zelfdodingspoeder' door het slachtoffer kan de woning zonder risico betreden worden:

- Overgebleven poeder in (open) zakjes of buisjes is geen gevaar zonder direct huidcontact.
- In deze situatie zal poeder niet in grote hoeveelheden zijn verstuipt.
- Gasvorming (wel bij natriumazide, niet bij natriumnitriet) is beperkt en veroorzaakt geen hoge concentratie in de ruimte.

Bij maatregelen zoals in deze factsheet besproken is de patiënt een beperkt risico voor hulpverleners.

#### **Meer informatie**

- NVIC document 'Eigen veiligheid in perspectief'. Zie <https://nvic.umcutrecht.nl/nl/downloads>
- Review artikel over 'risico van secundaire blootstelling' in Clinical Toxicology: 'Is secondary chemical exposure of hospital personnel of clinical importance?' Zie <https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1860216>
- Factsheet 'Zelfdodingspoeders: klinisch beeld, behandeling, risico voor hulpverleners'.

Voor advies over het risico van de stoffen waarmee besmetting heeft plaatsgevonden (voor patiënt en hulpverlener) en de wijze van uitwendige decontaminatie kan worden overlegd met:

- De Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijk Stoffen (GAGS) van de GGD die in elke regio via de regionale meldkamer ambulance (MKA) gealarmeerd kan worden.
- Het NVIC: 24/7 beschikbaar voor professionele hulpverleners via 088-755 8000. Zie de NVIC website [www.vergiftigen.info](http://www.vergiftigen.info) voor toxicologische en radiologische informatie.

## *Bijlage 3 Factsheet 'Zelfdodingspoeders: klinisch beeld, behandeling, risico voor hulpverleners'*

Het gebruik van zelfdodingspoeders (ook bekend als 'middel X') is regelmatig in het nieuws, waarbij soms wordt gespeculeerd over risico's voor omstanders en hulpverleners. Ook het NVIC merkt de laatste jaren een toegenomen ongerustheid bij hulpverleners over de eigen veiligheid, wanneer ze te maken krijgen met patiënten die zijn besmet met een chemische stof of een gevaarlijke stof hebben ingenomen.

Het is belangrijk om te beseffen dat het in geval van 'zelfdodingspoeder' kan gaan om verschillende verbindingen met een verschillend klinisch beeld, behandeling en risico voor hulpverleners. Van het zogenaamde 'middel X' werd aanvankelijk niet officieel bekend gemaakt om welke chemische stof het gaat. Na speculatie hierover (online en in de media) ziet het NVIC sinds 2017 een toename van het aantal pogingen tot zelfdoding met vooral natriumnitriet en natriumazide. Ondertussen is op internet bekend gemaakt dat het bij 'middel X' om natriumazide gaat. Let op: inname van andere verbindingen is nog steeds mogelijk.

### **Klinisch beeld en behandeling**

#### Natriumnitriet

Inname van een hoge dosis (enkele grammen) natriumnitriet kan binnen circa 30 minuten resulteren in o.a. misselijkheid, braken, hypotensie, tachycardie, paresthesieën, hoofdpijn, duizeligheid, cyanose, tachypneu en dyspneu. Bij ernstige intoxicaties kunnen convulsies, coma, metabole acidose en hypotensieve shock optreden. De voornaamste effecten worden toegeschreven aan het ontstaan van methemoglobinemie.

Methemoglobinemie kan worden behandeld met methyleenblauw. Voor het bespreken van behandelmogelijkheden kan door professionele hulpverleners 24/7 contact worden opgenomen met het NVIC via 088-755 8000.

Sommige online verkochte natriumnitrietpoeders bevatten slechts een lage concentratie natriumnitriet (<1%; gebruikt voor conservering van vleeswaren). Wanneer enkele grammen van deze laag geconcentreerde poeders ingenomen worden, treden geen of hooguit milde symptomen op.

#### Natriumazide

Na inname van een hoge dosis natriumazide, zoals bij een poging tot zelfdoding, treden de effecten doorgaans binnen een uur op. Hypotensie is het meest voorkomende effect. Andere mogelijke effecten zijn maagdarmklachten, hoofdpijn, duizeligheid, visusstoornissen, palpitations, dyspneu en depressie van het centraal zenuwstelsel, met tijdelijk verlies van het bewustzijn (syncope). Bij een ernstige intoxicatie kunnen coma, convulsies, pijn op de borst, bradycardie of tachycardie, ernstige hypotensie (soms voorafgegaan door hypertensie), ECG-afwijkingen, hartritmestoornissen, tachypneu, longoedeem, zweten, hyperthermie of hypothermie, metabole (lactaat) acidose en uiteindelijk hartstilstand optreden.

De behandeling van een natriumazide-intoxicatie is met name symptomatisch en ondersteunend. Zo nodig moet de patiënt worden beademd en direct 100% zuurstof worden toegediend. Er zijn enkele experimentele behandelingen beschreven in de literatuur, maar de effectiviteit hiervan is nog niet goed onderbouwd. Cyanide-antidota lijken weinig effectief wanneer een hoge dosis natriumazide is ingenomen. Mogelijk is l-carnitine toediening van nut bij lactatacidose. Voor het bespreken van deze behandelmogelijkheden kan door professionele hulpverleners 24/7 contact worden opgenomen met het NVIC via 088-755 8000.

## Risico voor hulpverleners

De risico's voor hulpverleners bij contact met een patiënt die een zelfdodingspoeder heeft ingenomen zijn zeer beperkt. In een thuissituatie is hierdoor geen hoge concentratie poeder (door verstuiwen) in de ruimte te verwachten. Overgebleven poeder in (open) zakjes of buisjes is, zonder direct huidcontact, geen gevaar voor aanwezig (‘het verdamppt niet’).

- Vermijd huidcontact met het poeder en braaksel van de patiënt (gebruik handschoenen).
- Bij huidcontact met poeder of braaksel: zo snel mogelijk de huid wassen met ruim water en milde zeep. Droge poeders worden echter niet snel opgenomen door de huid. Alleen na langdurig huidcontact (uren) en hierbij vochtig worden door zweten of bij reeds beschadigde huid, is significante opname in het bloed te verwachten.

### Bijzonder risico: gasvorming in de maag bij natriumazide:

Na inname van natriumazide wordt in de maag waterstofazide gevormd. Kleine hoeveelheden van dit gas kunnen met oprispingen vrijkomen of in de uitademingslucht aanwezig zijn. Dit is echter te weinig om een serieuze intoxicatie bij hulpverleners of omstanders te veroorzaken. Uitgebreide persoonlijke beschermingsmiddelen, zoals adembescherming, zijn dan ook NIET nodig.

Let op: na inname van natriumnitriet wordt geen gas gevormd in de maag en de stof komt ook niet voor in door het slachtoffer uitgeademde lucht.

Tips om ook milde klachten bij hulpverleners en omstanders door gasvorming te voorkomen:

- Gebruik voor eventuele beademing een Ambu Bag en pas geen directe mond-op-mond beademing toe. Het risico zal ook bij toepassen van mond-op-mondbeademing klein zijn (de hulpverlener ademt uit) maar er kunnen mogelijk nog restbesmettingen op de lippen en rond mond aanwezig zijn.
- Bij braken door de patiënt: het braaksel snel en volledig opruimen/afdekken, omdat ‘uitdamping’ van het gas waterstofazide vanuit braaksel zal doorgaan.
- In het algemeen is het verstandig om de ventilatie in de ambulance te verhogen bij het vervoer van chemisch besmette patiënten (eventueel aangevuld met het openen van ramen, indien mogelijk). Bij natriumazide is dit vooral nuttig als de patiënt heeft gebraakt (naast snel schoonmaken, zie boven).

## Meer informatie

- NVIC document ‘Eigen veiligheid in perspectief’. Zie <https://nvic.umcutrecht.nl/nl/downloads>
- Review artikel over ‘risico van secundaire blootstelling’ in Clinical Toxicology: [Is secondary chemical exposure of hospital personnel of clinical importance?](https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1860216) Zie <https://doi.org/10.1080/15563650.2020.1860216>
- Factsheet ‘Secundaire blootstelling van hulpverleners en persoonlijke beschermingsmiddelen’. Zie [www.vergiftigen.info](http://www.vergiftigen.info) (onder ‘de lijst van behandelingen en protocollen’).

Voor advies over het risico van de stoffen waarmee besmetting heeft plaatsgevonden (voor patiënt en hulpverlener) en de wijze van uitwendige decontaminatie kan worden overlegd met:

- De Gezondheidskundig Adviseur Gevaarlijk Stoffen (GAGS) van de GGD die in elke regio via de regionale meldkamer ambulance (MKA) gealarmeerd kan worden.
- Het NVIC: 24/7 beschikbaar voor professionele hulpverleners via 088-755 8000. Zie de NVIC website [www.vergiftigen.info](http://www.vergiftigen.info) voor toxicologische en radiologische informatie.

## Bijlage 4 Metingen van concentraties oplosmiddelen tijdens decontaminatie

Een beperkt risico voor ziekenhuispersoneel vormen besmettingen met producten die vluchtige organische oplosmiddelen zoals benzeen, toluen, xyleen of aceton bevatten. In ruimten met slechte ventilatie kunnen milde secundaire klachten optreden zoals irritatie van neus, keel en bovenste luchtwegen, hoesten, misselijkheid, vermoeidheid, hoofdpijn en duizeligheid. Door de penetrante geur van veel oplosmiddelen zouden sommige klachten ook hieraan gerelateerd kunnen zijn.

Onderzoek door Schultz en collega's<sup>[sch]</sup> naar concentraties van de oplosmiddelen aceton en *p*-xyleen tijdens een decontaminatieprocedure geeft inzicht in de mate van secundaire (inhalatie)blootstelling.

### Proefopzet:

- Decontaminatieruimte van:
  - o 5x6x3 meter: 90 m<sup>3</sup>.
  - o Luchtdicht afgesloten (geen ventilatie).
  - o Temperatuur 18°C.
- Plastic 'etalagepop' met kleding (katoenen shirt, broek en ondergoed) doordrenkt met 800 mL vloeistof: aceton of *p*-xyleen (als maximale besmetting).
- De etalagepop verbleef eerst 5 minuten in de decontaminatieruimte en daarna werden luchtmonsters genomen in de 'ademzone' van de twee hulpverleners die gedurende 10 minuten de doordrenkte kleding verwijderden en in een afgesloten container plaatsten (gehele procedure werd 5 keer herhaald; in totaal 10 metingen per besmetting).
- Natte decontaminatie werd niet meer uitgevoerd: de plastic pop was na verwijderen van kleding al droog door verdamping van het oplosmiddel.

### Resultaten (concentraties in de 'ademzone'):

- Aceton: range 448-1111 mg/m<sup>3</sup> (gemiddeld 794±191 mg/m<sup>3</sup>).
- *p*-Xyleen: range 80-655 mg/m<sup>3</sup> (gemiddeld 296±190 mg/m<sup>3</sup>).

### Vergelijking met grenswaarden:

- Wettelijke grenswaarden voor werknemers:
  - o De auteurs van het onderzoek vergelijken de gemeten waarden met de Short Term Exposure Limit (STEL) die in de Verenigde Staten gangbaar is als maximale concentratie gedurende 15 minuten voor werknemers.  
STEL aceton: 1780 mg/m<sup>3</sup>.<sup>[dir]</sup>  
STEL xyleen: 655 mg/m<sup>3</sup>.<sup>[dir]</sup>
  - o In Nederland zijn enigszins afwijkende wettelijke grenswaarden voor een blootstelling gedurende 15 minuten in een werksituatie vastgesteld.<sup>[che]</sup>  
Wettelijke grenswaarde aceton: 2420 mg/m<sup>3</sup>.  
Wettelijke grenswaarde xyleen: 442 mg/m<sup>3</sup>.
- Rampeninterventiewaarden:<sup>[riv]</sup>

Het is interessant om de gemeten waarden te vergelijken met de rampeninterventiewaarden die zijn opgesteld om te kunnen inschatten of een kortdurende blootstelling aan stoffen een gezondheidsrisico oplevert voor de bevolking (inclusief gevoelige personen). De waarden zijn vastgesteld voor éénmalige inhalatieblootstelling van 10 min, 30 min, 1 uur, 4 uur en 8 uur.

Voorlichtingsrichtwaarde (VRW): hinderlijk, mogelijk lichte gezondheidseffecten.  
Alarmeringsrichtwaarde (AGW): ernstige gezondheidseffecten.  
Levensbedreigende waarde (LBW): sterfte of levensbedreigende aandoening.



- Aceton:
  - VWR: 480 mg/m<sup>3</sup> (vastgesteld voor alle blootstellingstijden).
  - AGW - 10 minuten: 22000 mg/m<sup>3</sup>.
  - AGW - 30 minuten: 12000 mg/m<sup>3</sup>.
- Xylenen:
  - VRW: 599 mg/m<sup>3</sup> (vastgesteld voor alle blootstellingstijden).
  - AGW - 10 minuten: 11000 mg/m<sup>3</sup>.
  - AGW - 30 minuten: 5700 mg/m<sup>3</sup>.
- In het onderzoek kwam voor *p*-xyleen een enkele keer (2/10 metingen) de concentratie boven de wettelijke grenswaarde voor werknemers (de gemiddelde waarde lag daar onder). Voor aceton bleven de concentraties onder de wettelijke grenswaarden.
- Voor *p*-xyleen kwam een enkele keer (2/10 metingen) de concentratie boven de VRW. Voor aceton kwamen de concentraties meestal boven de VRW waarbij voorbijgaande milde klachten kunnen optreden. De AGW werd voor zowel aceton als xyleen nooit bereikt. Dit zou zelfs niet het geval zijn bij een maximale blootstellingsduur van 8 uur.

Kanttekeningen:

- Aan de ene kant kan worden opgemerkt dat er oplosmiddelen zijn waarvan de dampspanning hoger is, dat verdamping toeneemt met temperatuur en dat met zware kleding theoretisch nog meer vloeistof zou kunnen worden megedragen. Aan de andere kant is in dit onderzoek al een uitzonderlijk hoge besmetting gesimuleerd. In veel gevallen zal bij een uitgebreide besmetting de kleding worden verwijderd vóór vervoer naar het ziekenhuis. Het onderzoek geeft wel duidelijk aan dat in geval van gangbare en relatief veelvoorkomende besmettingen door ongelukjes tijdens normaal gebruik of door braken na inname, geen problemen te verwachten zijn voor hulpverleners in het ziekenhuis.

## Bijlage 5 Berekening van fosfineconcentraties in de ambulance

Om een idee te krijgen van de opbouw van concentraties in de ambulance heeft het NVIC een eerdere modelberekening naar fosfineconcentraties in een behandelkamer van een ziekenhuis<sup>[lee]</sup> ook uitgevoerd voor de situatie tijdens ambulancevervoer. Dit naar aanleiding van een werkelijke casus waarbij een man een suïcidepoging deed door inname van twee tabletten aluminiumfosfide.

### Gebruikte gegevens:

- Volwassen man, lichaamsgewicht van 100 kg.
- Inname van 1 of 2 tabletten van 3 gram, 56% aluminiumfosfide.  
Hierbij kan in totaal maximaal respectievelijk 1 of 2 gram fosfinegas vrijkomen.
- Voor de uitademing van fosfinegas na inname van fosfideverbindingen zijn geen humane gegevens beschikbaar. Proefdieronderzoek dat in het IPCS document<sup>[who]</sup> over fosfideverbindingen wordt aangehaald laat zien dat het percentage dat in een periode van 12 uur als fosfinegas in een ruimte vrijkomt, sterk dosisafhankelijk is: 1,5%, 1,7%, 3,2%, 15,6% en 23,5% na inname van respectievelijk 0,0025 mg/g, 0,005 mg/g, 0,01 mg/g, 0,015 mg/g en 0,02 mg/g (mg verbinding/kg lichaamsgewicht). Gebaseerd op deze gegevens wordt in een periode van 12 uur door de patiënt respectievelijk 32 mg en 470 mg fosfinegas uitgedemd na een inname van 1 of 2 tabletten. Er is geen informatie over uitstoot in de tijd beschikbaar: het originele onderzoek (een 'master thesis') blijkt na navraag niet meer beschikbaar bij de betreffende universiteit.
- Voor de ventilatie in het patiëntcompartiment is uitgegaan van zowel:
  - Minimale ventilatie volgens norm NEN-EN 1789<sup>[nen]</sup>: 20 verversingen per uur.  
Voor een ambulance van het type Mercedes-Benz Sprinter met een cabine van 10 m<sup>3</sup> komt dit neer op een verversing van 200 m<sup>3</sup>/uur.
  - Maximale ventilatie volgens één ambulance(om)bouwer [persoonlijke communicatie]: 350 m<sup>3</sup>/uur in bovengenoemd type ambulance.
- Vervoer gedurende 30 minuten.

### Modellering:

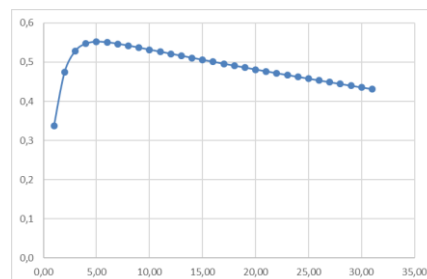
- De patiëntcabine in de ambulance wordt beschouwd als een compartiment met instroom vanuit de patiënt en uitstroom door ventilatie.
- Instroom (uitademing): eerste orde kinetiek, startend direct aan het begin van het vervoer.
- Uitstroom (ventilatie): constant volume.

### Resultaten (concentraties in het patiëntcompartiment):

- In de eerste 30 minuten komt ongeveer 25% van de totale uitstoot over 12 uur vrij.
- Opbouw van de concentratie bij 1 en 2 tabletten bij minimale en maximale ventilatie:

	Piekconcentratie	Tijdstip
<b>1 tablet, minimale ventilatie</b>	0,088 mg/m <sup>3</sup> (0,062 ppm)	na 9 minuten
<b>1 tablet, maximale ventilatie</b>	0,052 mg/m <sup>3</sup> (0,037 ppm)	na 5 minuten
<b>2 tabletten, minimale ventilatie</b>	1,29 mg/m <sup>3</sup> (0,91 ppm)	na 9 minuten
<b>2 tabletten, maximale ventilatie</b>	0,77 mg/m <sup>3</sup> (0,54 ppm)	na 5 minuten

De concentratie bouwt snel op door uitademing met een eerste orde kinetiek. Piekconcentraties worden snel bereikt afhankelijk van mate van ventilatie, waarna de concentratie geleidelijk weer afneemt. Zie voorbeeld hiernaast voor 2 tabletten en maximale ventilatie (y-as: ppm, x-as: min).



### Vergelijking met grenswaarden:

- Wettelijke grenswaarden voor werknemers:<sup>[sco,riv]</sup>
  - o Tijdgewogen gemiddelde (TGG 8 uur): 0,14 mg/m<sup>3</sup> (0,1 ppm).  
Blootstelling 8 uur per dag, 40 uur per week.
  - o Tijdgewogen gemiddelde (TGG 15 minuten): 0,28 mg/m<sup>3</sup> (0,2 ppm).
- Rampeninterventiewaarden:<sup>[riv]</sup>

Het is interessant om de berekende waarden te vergelijken met de rampeninterventiewaarden die zijn opgesteld om te kunnen inschatten of een kortdurende blootstelling aan stoffen een gezondheidsrisico oplevert voor de bevolking (inclusief gevoelige personen). De waarden zijn vastgesteld voor éénmalige inhalatieblootstelling van 10 min, 30 min, 1 uur, 4 uur en 8 uur.

Voorlichtingsrichtwaarde (VRW): hinderlijk, mogelijk lichte gezondheidseffecten.

Alarmeringsrichtwaarde (AGW): ernstige gezondheidseffecten.

Levensbedreigende waarde (LBW): sterfte of levensbedreigende aandoening.

  - o Er is voor fosfine geen VRW opgesteld.
  - o AGW - 30 minuten: 5,6 mg/m<sup>3</sup>.
  - o LBW - 30 minuten: 10 mg/m<sup>3</sup>.
- Bij inname van 1 tablet komen de berekende concentraties niet boven de TWA uit.  
Er zijn hierbij geen gezondheidsklachten te verwachten.
- Bij inname van 2 tabletten liggen de berekende concentraties wel boven de STEL maar blijven ze ruim onder de AGW. Mogelijk milde klachten zijn niet uit te sluiten.

### Kanttekeningen:

- Het IPCS document<sup>[who]</sup> geeft aan dat in het proefdieronderzoek niet duidelijk is in welke mate fosfinegas vrijkomt door uitademing (via de longen na absorptie in de bloedbaan), door vorming in het maagdarmkanaal, of vrijkomt vanuit ontlasting in de periode van 12 uur. Er is een casus beschreven waarbij gas zelfs 18 uur na inname nog anaal vrijkwam.<sup>[mus]</sup> Tijdens ambulancevervoer (relatief kort na inname) is alleen vrijkomen van gas in uitademingslucht en vanuit oprispingen (direct uit de maag) relevant. Hierdoor zal de daadwerkelijk 'uitgestoten' hoeveelheid binnen de periode van ambulancevervoer zeer waarschijnlijk lager zijn.
- Door inname van tabletten zal de vorming van gas langzamer op gang komen dan nu gemodelleerd. De uitstoot zal meer verspreid zijn met mogelijk minder nadruk op de eerste periode waarin vervoer plaatsvindt. In de huidige modellering komt een groot deel (25%) in de eerste 30 minuten vrij. Dit is zeer waarschijnlijk een overschatting. Aan de andere kant kan fosfinegas dat gevormd wordt in de maag ook 'plotseling' door oprispingen vrijkomen, waarmee in de modellering dus als het ware al rekening is gehouden.
- Vergelijking met de alarmeringsgrenswaarde (AGW):  
De AGW (overeenkomend met AEGL-2) is erg conservatief zoals in het IPCS document wordt aangegeven: gebaseerd op een studie waarin 'red mucoid nasal discharge' werd gezien bij ratten blootgesteld aan 13,9 mg/m<sup>3</sup> gedurende 6 uur en een studie waarin ratten geen symptomen ontwikkelden die 'passen bij AEGL-2' na blootstelling aan 4,3 mg/m<sup>3</sup> voor een totale duur van 6 uur per dag, 5 dagen per week, gedurende 13 weken.<sup>[nat]</sup> Er is tenslotte uitgegaan van een onzekerheidsfactor van 10 omdat het lijkt dat kinderen gevoeliger zijn voor fosfinegas dan volwassenen.
- Bij werkers zijn milde klachten gemeld na (herhaalde) blootstelling aan relatief lage waarden vergelijkbaar met de uitkomsten van onze berekening.<sup>[mis]</sup> Concentraties en blootstelduur zijn vaak niet heel precies bekend waardoor deze data niet zijn meegenomen in het opstellen van de rampeninterventiewaarden. Daarnaast is het een discussiepunt of klachten door blootstelling aan relatief lage concentraties bij werknemers (hoewel reversibel) niet toch het gevolg zijn van herhaalde blootstelling gedurende een langere periode.
- Door de ambulancemedewerkers in deze casus werden geen gezondheidsklachten gemeld.

Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum  
UMC Utrecht  
Postbus 85500  
3508 GA Utrecht

Locatie AZU  
Heidelberglaan 100  
3584 CX Utrecht

Tel: 088 755 8561  
[www.nvic.umcutrecht.nl](http://www.nvic.umcutrecht.nl)



UMC Utrecht  
**Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum**