

---

# De waarde van interventiewaarden

---

Onderbouwing en toepassing van interventiewaarden  
voor beslissingen bij calamiteiten met gevaarlijke stoffen







Aan de minister van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

---

Onderwerp : aanbieding advies  
Uw kenmerk : IMH/HI/SP&C/CB/190100002L  
Ons kenmerk : I-1238/SD/db/569-C  
Bijlagen : 1  
Datum : 19 juni 2007

Mevrouw de minister,

Graag bied ik u hierbij het advies aan over de waarde van interventiewaarden voor de rampenbestrijding. Dit advies is de uitkomst van beraadslagingen in een speciale commissie van experts uit de gelederen van de Gezondheidsraad, die ik op verzoek van uw ambtsvoorganger en de minister van VWS en de staatssecretaris van BZK heb ingesteld. Het is getoetst in een van onze vaste panels van deskundigen, de beraadsgroep Gezondheid & Omgeving.

Vorig jaar bracht de Gezondheidsraad al een rapport uit over de gevolgen van rampen voor de gezondheid op de middellange en lange termijn. Dit keer gaat het over twee eerdere fasen in de veiligheidsketen: de voorbereiding op en het handelen tijdens calamiteiten met gevaarlijke stoffen die vrijkomen in de lucht.

Interventiewaarden, die aangeven welke effecten bij welke blootstelling te verwachten zijn, vormen daarbij de basis voor beslissingen die genomen worden om de bevolking te beschermen. De commissie oordeelt dat de huidige methode voor de afleiding van deze waarden van goede kwaliteit is, maar dat voor veel stoffen maar een beperkte hoeveelheid gegevens beschikbaar is. De huidige interventiewaarden zijn echter goed bruikbaar als startpunt voor beslissingen bij rampen.

Lastiger wordt het als de waarden eenmaal zijn overschreden. Onzekerheden, onder meer over de mate van blootstelling, het gedrag van mensen en de beste uitvoering maken het kiezen van een maatregel lastig. De commissie beveelt aan om protocollen te ontwikkelen die recht doen aan de onzekerheden die kenmerkend zijn voor rampsituaties.

---

Bezoekadres  
Parnassusplein 5  
2511 VX Den Haag  
Telefoon (070) 340 64 87  
E-mail: [jw.dogger@gr.nl](mailto:jw.dogger@gr.nl)

Postadres  
Postbus 16052  
2500 BB Den Haag  
Telefax (070) 340 75 23  
[www.gr.nl](http://www.gr.nl)





Onderwerp : aanbieding advies  
Ons kenmerk : I-1238/SD/db/569-C  
Pagina : 2  
Datum : 19 juni 2007

---

Ook een aantal andere maatregelen kan de effectiviteit van het handelen tijdens calamiteiten vergroten. Zo zou vooraf informatie beschikbaar moeten zijn over de opslag van gevaarlijke stoffen en de ventilatiesnelheden in woningen en gebouwen, vooral in gebieden waar een extra risico bestaat dat zich calamiteiten met gevaarlijke stoffen zullen voordoen. Daarnaast pleit de commissie ervoor mensen beter voor te bereiden, onder meer door schuilen te oefenen. Het gaat daarbij niet alleen om omwonenden, maar ook om mensen op hun werkplek, in scholen, ziekenhuizen, inrichtingen voor gedetineerden en verzorgingstehuizen.

Ik vertrouw erop u met dit advies voorzien te hebben van een gedegen beoordeling van de methodiek voor interventiewaarden – aangevuld met belangrijke inzichten voor de besluitvorming, als deze blootstellingsniveaus onverhoopt overschreden worden.

Met vriendelijke groet,

Mw. prof. dr. M. de Visser,  
vice-voorzitter



---

# De waarde van interventiewaarden

---

Onderbouwing en toepassing van interventiewaarden  
voor beslissingen bij calamiteiten met gevaarlijke stoffen

---

aan:

de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

de staatssecretaris van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

---

Nr. 2007/16, Den Haag, 19 juni 2007

---

---

De Gezondheidsraad, ingesteld in 1902, is een onafhankelijk wetenschappelijk adviesorgaan met als taak de regering en het parlement ‘voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid’ (art. 22 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn & Sport; Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening & Milieubeheer; Sociale Zaken & Werkgelegenheid en Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit. De raad kan ook eigener beweging adviezen uitbrengen. Het gaat dan als regel om het signaleren van ontwikkelingen of trends die van belang kunnen zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden in bijna alle gevallen opgesteld door multidisciplinaire commissies van – op persoonlijke titel benoemde – Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.



De Gezondheidsraad is lid van het International Network of Agencies for Health Technology Assessment (INAHTA). INAHTA bevordert de uitwisseling en samenwerking tussen de leden van het netwerk.

---

U kunt het advies downloaden van [www.gr.nl](http://www.gr.nl).

---

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:  
Gezondheidsraad. De waarde van interventiewaarden - Onderbouwing en toepassing van interventiewaarden voor beslissingen bij calamiteiten met gevaarlijke stoffen. Den Haag: Gezondheidsraad, 2007; publicatienr. 2007/16.

Preferred citation:  
Health Council of the Netherlands. Derivation and utility of intervention values for decisions involving disasters with hazardous substances. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2007; publication no. 2007/16.

---

auteursrecht voorbehouden

all rights reserved

---

ISBN: 978-90-5549-659-4

---

---

# Inhoud

---

---

Samenvatting 9

---

Executive summary 15

---

1 Inleiding 21

1.1 Achtergrond 21

1.2 Adviesvragen 23

1.3 Opzet van het advies 24

---

2 Afleiden van interventiewaarden voor toxische stoffen 25

2.1 Interventiewaarden in Nederland 25

2.2 Methode van afleiden 28

2.3 Beoordeling van de afleidingsmethode 33

---

3 Afleiden van interventiewaarden voor carcinogene en reproductietoxische stoffen 39

3.1 Carcinogene stoffen 39

3.2 Reproductietoxische stoffen 43

---

4 Schatten van de blootstelling 47

4.1 Berekeningsmodellen en hun onzekerheden 47

4.2 Meetmethoden en hun onzekerheden 50

4.3 Conclusie 52

---

---

5	Beslissen op gezondheidskundige gronden	53
5.1	Schuilen of evacueren	53
5.2	Effect op de blootstelling	56
5.3	Effect op de gezondheid	59
5.4	Blootstelling en gezondheidseffect bij hulpverleners	60
5.5	Conclusie	61

---

6	Meewegen van andere factoren	63
6.1	Gedrag van de bevolking bij incidenten	63
6.2	Complicaties in de besluitvorming	66
6.3	Conclusie	68

---

7	Conclusies en aanbevelingen	69
7.1	Methodiek voor de afleiding van interventiewaarden	69
7.2	Toepassing bij calamiteiten	71

---

Literatuur 77

---

Bijlagen 79

A	De adviesaanvraag	81
B	De commissie	83
C	Glossary	85

---

# Samenvatting

---

---

## Adviesvragen

Gevaarlijke stoffen die tijdens een calamiteit vrijkomen in de lucht kunnen de gezondheid van mensen in het omringende gebied bedreigen. Zulke gassen of dampen kunnen ontsnappen door een ongeluk tijdens het vervoer van gevaarlijke stoffen, door een brand in een groot gebouw, maar ook door het falen van een opslagvoorziening.

Voor hulpverleners en bestuurders is het dan zaak om zo snel mogelijk in te schatten welke risico's dat geeft voor de mensen in de omgeving van de bron. Vervolgens moet besloten worden wat de beste handelwijze is. Dat gebeurt altijd in een situatie waarin veel onzeker is. In dit advies buigt een commissie van de Gezondheidsraad zich over de voorbereiding op en besluitvorming tijdens calamiteiten met gevaarlijke stoffen. Twee vragen staan daarbij centraal.

### Vraag over de bruikbaarheid van de interventiewaarden

Om de risico's in te schatten als er stoffen vrijkomen in de lucht kennen we in Nederland een systeem met zogenoemde interventiewaarden. Dat zijn waarden voor concentraties van gevaarlijke stoffen in de lucht die tot verschillende soorten effecten op de gezondheid kunnen leiden. Bij de laagste waarde, de voorlichtingsrichtwaarde, ondervinden mensen alleen tijdelijk hinder, bijvoorbeeld door een onaangename geur. Ook kunnen ze bijvoorbeeld hoofdpijn krijgen of misse-

---

lijk worden. Wordt de middelste waarde overschreden, de alarmeringsgrenswaarde, dan is de concentratie van een gevaarlijke stof zo hoog dat er ernstige en onomkeerbare gezondheidsschade kan ontstaan. Bij de hoogste waarde, de levensbedreigende waarde, is de concentratie in de lucht zo hoog dat mensen kunnen overlijden.

Voor veel gevaarlijke stoffen zijn deze drie interventiewaarden vastgesteld. Per stof is dan aangegeven bij welke concentratie in de lucht welke effecten kunnen optreden. In ons land zijn deze concentratieniveaus gebaseerd op in het buitenland vastgestelde waarden of op een eigen, beknopte afleidingsmethode.

De eerste vraag die centraal staat in dit advies is of de methodiek voor afleiding van de huidige Nederlandse interventiewaarden voldoet. Levert die waarden op die adequaat aangeven wanneer hinder verwacht mag worden, wanneer ernstige schade optreedt, en wanneer de concentratie zo hoog is dat mensen kunnen sterven?

### Vraag over het beslisproces tijdens een ramp

Is een gevaarlijke stof vrijgekomen, dan worden snel berekeningen en eventueel metingen uitgevoerd, om na te gaan hoe hoog de concentratie in het gebied rond de bron zal zijn. Is de inschatting dat daarbij een interventiewaarde wordt overschreden, dan kunnen de autoriteiten maatregelen nemen om de gezondheid van de bevolking zo goed mogelijk te beschermen.

Is er alleen sprake van hinder, dan is informeren van de bewoners vaak genoeg. Bij een levensbedreigende situatie zijn er vaak niet veel opties. Evacuatie door een gevaarlijke gaswolk heen is dan bijvoorbeeld geen reële mogelijkheid. Bij de middelste waarde is dat anders. Is er een concentratie in de lucht die tot ernstige gezondheidsschade kan leiden (of wordt die verwacht omdat een gifwolk zich aan het verplaatsen is), dan wordt de vraag actueel of de bevolking het beste kan schuilen in huizen en gebouwen, of dat een evacuatie nodig is. Voor bestuurders is dat een moeilijke keuze.

De tweede vraag die wordt beantwoord is dan ook of het huidige beslisstelsel, waarbij de interventiewaarden het startpunt zijn in een complex proces, voldoet om effectieve maatregelen te nemen.

---

### **De huidige interventiewaarden zijn goed bruikbaar als uitgangspunt**

De interventiewaarden die in Nederland worden gebruikt om te beslissen over maatregelen tijdens een calamiteit met gassen of dampen zijn voor een deel gebaseerd op waarden uit de Verenigde Staten. De methoden waarmee die daar

---

zijn vastgesteld voldoen goed. Voor een groot aantal stoffen ontbreken echter goede gegevens, zodat zekerheid over de effecten die verwacht mogen worden bij een bepaalde blootstelling ontbreekt. Toch vindt de commissie deze wel bruikbaar om bij calamiteiten als uitgangspunt te gebruiken voor maatregelen.

De waarden die in Nederland zijn afgeleid hebben een minder uitgebreide onderbouwing dan de Amerikaanse. Totdat ook daarvoor concentraties zijn afgeleid volgens de Amerikaanse systematiek zijn ze echter goed bruikbaar. Nieuw afgeleide internationale waarden kunnen gaandeweg de tijdelijke Nederlandse waarden vervangen.

Daarbij doet de commissie wel de aanbeveling om bij stoffen die kankerverwekkend kunnen zijn dit specifieke effect niet mee te wegen bij het afleiden van de interventiewaarden, tenzij er duidelijke aanwijzingen zijn dat een korte blootstelling inderdaad tot kanker kan leiden. De commissie is namelijk van oordeel dat de kans dat dergelijke effecten optreden op het niveau van de alarmeringsgrenswaarde zo goed als verwaarloosbaar is.

Voor effecten op het nageslacht komt de commissie tot een zelfde aanbeveling: weeg deze niet mee bij het bepalen van de alarmeringsgrenswaarde, tenzij er duidelijke aanwijzingen zijn dat een kortdurende blootstelling ook daadwerkelijk gevolgen kan hebben voor de voortplanting.

### Voor goede maatregelen tijdens rampen is echter meer nodig

Bij het overschrijden van de voorlichtingsrichtwaarde kan veelal volstaan worden met het informeren van de bevolking. Wordt de alarmeringsgrenswaarde overschreden, het teken dat er ernstige gezondheidsschade op kan treden bij mensen in de omgeving waar schadelijke gassen zijn vrijgekomen, dan is dat het punt waarop in de praktijk verdere maatregelen genomen worden. Dat kan zijn het afzetten of ontruimen van een beperkt gebied, mensen in de wijdere omgeving oproepen om binnenshuis te schuilen, of over te gaan tot een evacuatie. Waarmee moet in dat beslisproces rekening worden gehouden?

### Protocolen moeten beter voorbereiden op reële situaties

De interventiewaarden kunnen weliswaar houvast bieden, maar het nemen van beslissingen blijkt in de praktijk verre van eenvoudig. Een incident is altijd onvoorzien en het verloop is elke keer weer anders. Goede besluitvorming in zo'n situatie van onzekerheid is complex.

Ten eerste is er onzekerheid over de hoogte van de blootstelling. Om te weten of er in een bepaald gebied na een calamiteit zoveel gevaarlijke stoffen zijn vrij-

---

gekomen dat een interventiewaarde wordt overschreden, wordt de verspreiding vanaf de bron ingeschat aan de hand van modellen. De in de praktijk gebruikte modellen geven echter niet meer dan een zeer ruwe eerste schatting. Bestuurders moeten zich er dan ook van bewust zijn dat de concentraties en het pad dat de wolk met gevaarlijke stoffen volgt anders kunnen zijn dan het model voorspelt. Metingen in het gebied bieden maar zeer beperkt soelaas, omdat ze alleen informatie geven over de plaats en over de blootstelling op het moment dat het monster wordt genomen. Even verderop of een korte tijd later kan de situatie alweer heel anders zijn. En het is niet praktisch om in een heel gebied metingen te verrichten. Ten dele kan dit probleem ondervangen worden door ook andere informatie mee te wegen, zoals de berichten die binnenkomen over gezondheidsklachten van mensen op verschillende afstanden van de bron. Ook de samenstelling van de bevolking (denk aan de aanwezigheid van gevoelige groepen in het gebied) speelt een rol.

Ten tweede zijn er problemen in de besluitvorming tijdens calamiteiten. Besluiten nemen en uitvoeren bij calamiteiten is een zeer complexe aangelegenheid, waarbij naast inhoudelijke een groot aantal praktische, organisatorische en logistieke afwegingen gemaakt moet worden (beschikbaarheid van mensen en materieel, informatievoorziening, tijd). Dat kost veel tijd – tijd die er vaak juist niet is. Zo kan uitstel tot gevolg hebben dat bepaalde opties, zoals evacuatie, op een bepaald moment niet meer mogelijk zijn. Daar wordt in de huidige praktijk te weinig rekening mee gehouden. Ook wordt er nog te weinig gebruik gemaakt van de kennis over groepsbesluitvorming onder dergelijke condities.

Een derde punt is onzekerheid over het gedrag van de bevolking tijdens een calamiteit. Mensen in een crisissituatie reageren vaak anders dan wordt gedacht. In de praktijk komt bijvoorbeeld paniek weinig voor. Hulpdiensten en bestuurders moeten bij het nemen van beslissingen rekening houden met het reële gedrag van de mensen in het rampgebied. Alleen als zij dat goed inschatten, kunnen zij ook bepalen of maatregelen effectief zullen zijn om gezondheidsschade te beperken. Instructies die om gezondheidsredenen worden gegeven, maar die om psychische of sociale redenen niet worden opgevolgd, zijn zinloos.

De commissie vindt dat de kennis over deze aspecten vaak nog tekortschiet. In de praktijk zou veel meer rekening gehouden moeten worden met deze factoren, om de kwaliteit van de besluitvorming te verbeteren. De commissie beveelt daarom aan om een protocol te ontwikkelen dat recht doet aan de complexiteit en onzekerheid. In het algemeen geldt dat alles waar van tevoren over is nagedacht meehelpt, wanneer zich onverhoopt een ramp voordoet waarbij een gevaarlijke stof vrijkomt in de lucht.

Het is echter een illusie dat planning op alle punten mogelijk is. Een kenmerk van calamiteiten is nu juist dat ze onverwacht optreden, en dat beslissingen snel genomen moeten worden, op grond van onvolledige gegevens. Pas met de kennis die beschikbaar komt als het incident al achter de rug is, wordt duidelijk wat de beste handelwijze was geweest. Dat betekent dat dan veelal de conclusie wordt getrokken dat niet alles optimaal verlopen is. Helaas is dat onvermijdelijk.

### Schuilen is de beste optie als ernstige gezondheidsschade dreigt

Mede in het licht van de vele onzekerheden tijdens een ramp is schuilen binnenshuis de optie die de voorkeur heeft wanneer mensen in een gebied worden blootgesteld aan gevaarlijke stoffen in de lucht die hun gezondheid ernstig kunnen bedreigen. Het primaire advies is dan ook: schuilen, tenzij. Zodra de middelste waarde, de alarmeringsgrenswaarde, wordt overschreden, zou die maatregel dan ook afgekondigd moeten worden.

Als de bedreiging niet lang duurt, is binnen blijven namelijk zeer effectief om de blootstelling te reduceren. Belangrijk is dan wel dat mensen de ventilatiekanalen sluiten, of in oudere huizen bijvoorbeeld de kieren dichtplakken. Een belangrijk voordeel van schuilen is verder dat dit organisatorisch gezien eenvoudiger te realiseren is dan evacueren.

Maar ook als de concentraties in de lucht gaandeweg hoger blijken dan werd verwacht en de situatie langer gaat duren, is schuilen de beste optie. Dan is het namelijk vaak al te laat om nog te evacueren. Mensen zouden immers door de gifwolk heen moeten om het gebied te verlaten. Wel kan dan binnen een gebied nog bekeken worden waar evacuatie wel mogelijk is. Die boodschap is echter niet gemakkelijk over te brengen aan de bevolking. Als de communicatie onduidelijk is, kan gemakkelijk verwarring ontstaan.

Om ervoor te zorgen dat schuilen als maatregel effectief uitgevoerd kan worden, pleit de commissie voor meer informatie, opleiding en oefening. Belangrijk is dan immers wie ervoor zorgt dat omwonenden, maar ook mensen in kantoren, bedrijven, scholen en zorginstellingen, gaan schuilen. Ook moet duidelijk zijn wie ervoor zorgt dat de ventilatie wordt uitgeschakeld. Opleiding en oefening van arbocoördinatoren, bedrijfshulpverlening of leerkrachten om de uitvoering van de oproep tot schuilen te ondersteunen zou een eerste stap in de goede richting zijn.

Bij het overschrijden van de alarmeringsgrenswaarde is schuilen dus doorgaans de aangewezen optie. Maar ook als alleen de laagste waarde, de voorlichtingsgrenswaarde, is overschreden kan al het advies gegeven worden om binnen te blijven, en ramen en deuren te sluiten. Er is dan weliswaar geen ernstige

---

bedreiging van de gezondheid, maar deze maatregel kan wel helpen om geurhinder en voorbijgaande gezondheidsklachten te voorkomen of te verminderen.

Wat als zich in de lucht levensbedreigende concentraties voordoen? Zolang die alleen maar verwacht worden kan er geëvacueerd worden. Daarbij moet dan wel meegewogen worden dat de evacuatie zelf ook weer risico's met zich meebrengt, bijvoorbeeld door stress of ongelukken tijdens het verlaten van het gebied. Die afweging is lastig, omdat de gezondheidsschade per situatie kan verschillen. Snel beslissen en uitvoeren is echter cruciaal, want een gifwolk legt al bij een matige wind meer dan tien kilometer per uur af.

---

# Executive summary

---

---

## Issues addressed in the advisory report

Hazardous substances that are released into the air during a disaster can threaten the health of people in the surrounding area. Gases or vapours of this kind can escape if an accident happens while hazardous goods are being transported, as a result of a fire in a large building, or by the failure of a storage facility.

Emergency services workers and their managers then need to assess as quickly as possible the risks caused to people around the source. After this, a decision as to the best course of action must be taken. This is always done in a situation where many things are unclear. In this advisory report, a Health Council Committee has looked at preparations made before, and decisions made after, disasters involving hazardous substances. There are two key issues here:

### The utility of the intervention values

In the Netherlands we use a system of 'intervention values' to assess the risks that arise when substances are released into the air. These are values for concentrations of hazardous airborne substances that can cause various kinds of health effects. The lowest (notification guideline) value is the level at which people will be inconvenienced for a temporary period (for example, by something such as an unpleasant smell). They may also experience headaches or nausea. If the middle (warning threshold) value is exceeded, then the hazardous substance concentra-

---

tion is so high that serious and irreversible health damage may develop. At the highest (life-threatening) value, airborne concentrations are so high that people might die.

These three intervention values have been set for many hazardous substances. The effects that might result from specific airborne concentrations are stated for each substance. The concentration values used in the Netherlands are based on values established in other countries or on a self-devised, concise derivation method.

The first key issue to be addressed in this advisory report is the adequacy of the methodology used to derive the current Dutch intervention values. Does it produce values that are able to properly indicate when inconvenience is to be expected, when serious damage will occur, and when the concentration is high enough to prove fatal to people?

### The decision-making process during a disaster

Once a hazardous substance has been released, calculations are quickly performed and possible measurements taken to determine the concentration in the area around the source. If the estimate indicates that an intervention value has been exceeded, then the authorities can take steps to protect public health as far as possible.

If the incident will only cause inconvenience, then the informing of local residents will often be sufficient. Options are often limited in a life-threatening situation. For example, it would not be realistic to attempt to evacuate people out of the way of a dangerous gas cloud. Things are different with a mid-range value. If the airborne concentration might cause severe health damage (or has the potential to do so in the case of a travelling toxic cloud), then the question that needs to be immediately addressed is whether people would be better protected by taking refuge in their homes or other buildings, or whether an evacuation is necessary. This is a difficult choice for managers.

The second issue addressed in this report is whether the current decision-making system, in which intervention values are the starting point of a complex process, is adequate to allow effective action to be taken.

---

### **The current intervention values are a useful starting point**

The intervention values used in the Netherlands to take decisions on measures during a disaster involving gases or vapours are partly based on United States figures. The methods used to establish them are robust. However, reliable data is

---

unavailable for a large number of substances, which means that there is no certainty as to the effects that might follow a certain level of exposure. Nonetheless, they are useful as a starting point in deciding on action to take in response to a disaster.

The values derived in the Netherlands have less extensive support than the American values. Nevertheless, they are a useful tool until concentrations deduced on the basis of international systems become available. Newly derived international values may gradually replace the temporary Dutch values.

The Committee further recommends that potentially carcinogenic substances not be subjected to intervention values unless there are clear indications that brief exposure can in fact cause cancer, since the Committee holds that there is practically negligible risk of cancer developing at the warning threshold value.

The Committee makes the same recommendation for effects on offspring: these should be ignored when determining the warning threshold value unless there are clear indications that brief exposure can in fact have consequences for offspring.

---

### **However, more is needed to ensure an appropriate response to disasters**

A public information drive is often sufficient when the notification guideline value is exceeded. In practice, the point at which measures need to be taken is if the warning threshold value is exceeded, which is the sign that severe health damage might occur in people who are in the area of a harmful gas leak. Measures might include sealing off or clearing a limited area, asking people in a wider area to stay indoors, or carrying out a full-scale evacuation. What factors need to be taken into account in this decision-making process?

### **Protocols need to prepare those involved to better deal with real situations**

Intervention values can certainly be a useful guideline, but making decisions is far from simple in practice. Incidents are always unforeseen and always follow a slightly different course, so good decision-making in such an uncertain situation is a complex matter.

First, the extent of exposure is not known. The estimate of the distribution of hazardous substances from the source is based on models, and then used to determine whether the amount of hazardous substances that have been released in a particular area following a disaster means that an intervention value has been

---

exceeded. However, the models used in practice only give a very rough initial estimate, and managers must therefore realise that concentrations, and the path followed by the cloud of hazardous substances, may not be the same as predicted in the model. Measurements made in the area are of limited help as they only reflect the level of exposure at the specific place and time that the sample was taken, while the situation in a different location or a little later can be very different. On the other hand, it would be impractical to make large numbers of measurements throughout a wide area. This problem can be partly addressed by also taking other information into account, such as the incoming reports about health problems affecting people at varying distances from the source. Even here, the composition of the population (such as the presence of sensitive groups in the area) plays a complicating role.

Second, there are problems with decision-making during disasters. Disaster response is a highly complex undertaking, in which a large number of practical, organisational and logistics issues (availability of people and equipment, provision of information, and time) have to be taken into account. This takes a lot of time, and that is precisely what is in short supply. Current practice takes too little account of the fact that delays can mean that some options, such as evacuation, are no longer possible past a certain point. Too little use is also made of what we know about how groups make decisions under conditions like these.

A third point is uncertainty over how people might behave during a disaster. People often respond to crises in unexpected ways. For instance, panic is a rare event. Decision-making emergency services workers and managers need to take account of the real behaviour of people in the affected zone, because only proper assessment of this will enable them to also be able to decide whether measures will be effective in preventing damage to health. It is pointless to issue instructions on health grounds only to have them ignored for psychological or social reasons.

The Committee feels that there is often too little understanding of these aspects and that practical improvements in decision making requires greater consideration of these factors. The Committee therefore recommends developing a protocol that reflects the complexity and uncertainty of the situation. In general, anything that has been considered in advance will be beneficial in the event of a disaster involving the release of an airborne hazardous substance.

However, it is a mistake to think that planning can cover every issue. By their very nature, catastrophes are events that unexpectedly develop. Decisions have to be taken quickly in the light of incomplete data. The best course of action only becomes clear with the knowledge that becomes available once the incident is

over. This means that people often conclude that the disaster was not handled as well as it could have been. Sadly, that is inevitable.

### Shelter-in-place is the best option if there is a threat of serious damage to health

Partly in the light of the many uncertainties that accompany a disaster, shelter-in-place is the preferred option when people in a particular area are exposed to hazardous airborne substances that might present a serious threat to their health. The main message is: stay at home, unless otherwise advised. This advice must be publicised as soon as the medium (warning threshold) value has been exceeded.

This is because staying indoors is a very effective way of reducing exposure if the threat is of short duration. It is, though, also important for people to close their ventilation ducts, or tape any cracks or gaps in the façade of older houses. An important advantage of advising people to stay indoors is that it is then easier, from an organisational point of view, to manage an evacuation.

Staying indoors can also be the best option if airborne concentrations gradually rise to higher levels than expected or if the situation persists. It is then often too late to evacuate people, as they would have to pass through the toxic cloud to leave the area. Consideration can be given to partial evacuation from an area, but this message is not easy to put across to the population. Confusion can easily arise if the message is not clear.

The Committee is in favour of more information, training and exercises to ensure that staying indoors can be effectively implemented as a response measure. After all, the question of who is responsible for ensuring that local residents (but also people in offices, firms, schools and hospitals) take refuge is an important issue here. Responsibility for switching off ventilation must also be clearly assigned. A first step in the right direction would include training courses and practical exercises for health and safety coordinators, employees responsible for disaster response, and teachers that would help them implement the advice to take refuge.

Thus, shelter-in-place is the preferred option once the warning threshold value has been exceeded. Nonetheless, people can be advised to stay indoors and close their doors and windows even when the lowest (notification guideline) value has been exceeded. It is true that there is not a serious threat to health then, but such measures can help reduce or prevent unpleasant odours and transient health problems.

What if there are life-threatening airborne concentrations? As long as such concentrations remain only a prediction, populations can be evacuated. It must of

---

course be borne in mind that the evacuation itself presents risks, such as stress or accidents as people leave the area. This balance of risks is difficult, as the health damage varies according to the situation, but it is crucial to quickly make and implement a decision, since a toxic cloud can travel over ten kilometres an hour in a moderate wind.

---

# Inleiding

---

## 1.1 Achtergrond

### Lastige beslissingen

Bij bepaalde calamiteiten, zoals een brand of een opslagvoorziening die bezwijkt, kunnen gevaarlijke stoffen zich kilometers door de lucht verspreiden. Zo kunnen ze schade toebrengen aan de gezondheid van de bewoners in een bepaald gebied. Het is dan zaak om zo snel mogelijk de risico's te beoordelen die mensen lopen. Welke stoffen komen vrij en in welke hoeveelheid? Welke concentraties in de lucht zijn in het omringende gebied te verwachten? En welke effecten op de gezondheid kunnen die hebben bij omwonenden en hulpverleners?

Afhankelijk van de antwoorden op deze vragen kunnen vervolgens maatregelen getroffen worden. Hulpverleners moeten weten welke persoonlijke beschermingsmiddelen (zoals adembescherming) noodzakelijk zijn en welk gebied eventueel afgezet moet worden voor het publiek. Getroffenen kunnen geïnformeerd worden over de situatie en over wat zij moeten doen. Dat kan beperkt blijven tot de melding dat er lichte geurhinder zal ontstaan. In ernstiger gevallen kan het advies gegeven worden om binnen te schuilen. Ook kan tot ontruiming of evacuatie van een gebied besloten worden.

Beslissen over passende maatregelen kan echter lastig zijn. Beslissingen moeten immers vaak snel genomen worden, op grond van onvolledige gegevens en met alleen schattingen over het verwachte verloop als leidraad.

---

## Rol van interventiewaarden

Een hulpmiddel bij het beslisproces zijn de zogenoemde interventiewaarden. Ze geven drie niveaus van blootstelling aan een stof weer, waarbij een bepaalde ernst van gezondheidseffecten zal optreden.

Ten eerste is er de voorlichtingsrichtwaarde (VRW). Bij overschrijding van de VRW zullen mensen gehinderd worden door de geur van een ontsnapte stof, of lichte, omkeerbare gezondheidseffecten ondervinden. Bij deze waarde past een beslissing om omwonenden te informeren. Ten tweede is er de alarmeringsgrenswaarde (AGW). Bij dat blootstellingsniveau kunnen onomkeerbare gezondheidseffecten optreden of de alarmeringsgrenswaarde noodzaakt hulpdiensten en bestuurders tot verder handelen. Met name moet besloten worden wat beter is: de bevolking adviseren binnenshuis te schuilen of een gebied evacueren. Ten derde kennen we de levensbedreigende waarde (LBW). Bij die concentratie in de lucht kunnen sterfte of levensbedreigende effecten optreden onder de bevolking.

Interventiewaarden hebben een ander doel dan milieukwaliteitseisen. Milieukwaliteitseisen zijn bedoeld om een stabiele, veilige leefomgeving te waarborgen. Het zijn normen. Interventiewaarden geven zo precies mogelijk aan bij welke concentratie van stoffen in de lucht gezondheidseffecten zullen optreden. Het zijn dus geen normen, maar indicaties, per stof, van de drie typen gevolgen die optreden bij een bepaalde blootstelling: hinder, ernstige gezondheidsschade en levensbedreigende gezondheidsschade. Kennis hierover helpt om te beslissen over de maatregelen die bij een ramp het beste genomen kunnen worden.

## Onzekerheden

Interventiewaarden worden per stof vastgesteld. Elke stof heeft immers andere effecten, die optreden bij een specifieke blootstelling. In ons land gebruiken we een eigen, beknopte afleidingsmethode om de blootstelling te bepalen die bij een bepaald effect hoort. Waar mogelijk zijn de waarden gebaseerd op de aanbevelingen van buitenlandse adviesorganen. De vraag is echter of we met de huidige interventiewaarden een adequaat en consistent instrumentarium hebben om een inschatting over gezondheidsschade op te baseren, wanneer door een incident gevaarlijke stoffen vrijkomen.

Zo'n adequaat en consistent instrumentarium is uiteraard een noodzakelijke voorwaarde voor goede beslissingen tijdens rampen met gevaarlijke stoffen. Voldoende is het echter niet: bij passend reageren op calamiteiten komt veel meer kijken. Maar weten we wel waar in zo'n situatie allemaal rekening mee moet worden gehouden? Wat is er nodig voor een goed beslisproces?

---

Voor de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiene (VROM) en voor de ministers van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en Volksgezondheid, Welzijn en Sport was dit alles reden om aan de Gezondheidsraad advies te vragen over de afleiding en toepassing van interventiewaarden voor de rampenbestrijding. De adviesaanvraag is te vinden in bijlage A.

---

## 1.2 Adviesvragen

Om de bewindslieden te adviseren over gebruik en toepassing van interventiewaarden bij calamiteiten met gevaarlijke stoffen, heeft de vice-voorzitter van de Gezondheidsraad de Commissie Interventiewaarden bij Rampen ingesteld. De samenstelling van de commissie staat in bijlage B. De commissie heeft de drie oorspronkelijke vragen in de adviesaanvraag (zie bijlage A) als volgt geoperationaliseerd.

### Oordeel over de methode voor het afleiden van interventiewaarden

De methoden die zijn gebruikt om de op dit moment gebruikte interventiewaarden af te leiden verschillen nogal. Voor bepaalde in het buitenland vastgestelde waarden bestaat bijvoorbeeld een uitgebreide procedure. Die is echter zeer tijdrovend. De Nederlandse procedure is daarentegen minder geprotocolleerd en vraagt minder tijd. Maar voldoet die ook?

Verder zijn er twee typen effecten van gevaarlijke stoffen, die door hun aard elk een andere methodiek vereisen om interventiewaarden af te leiden. Het gaat daarbij om carcinogeniteit (in hoeverre kan een stof kanker veroorzaken?) en reproductietoxiciteit (in hoeverre kan een stof schadelijke effecten op het nageslacht veroorzaken of op de mannelijke of vrouwelijke voortplanting?). Daarbij is de vraag of ook voor die stoffen een goede methodiek voorhanden is.

In dit advies wordt de in Nederland gebruikte methodiek voor het afleiden van interventiewaarden van al deze typen stoffen beoordeeld. De eerste vraag die wordt beantwoord is dan ook:

- 1 Voldoet de Nederlandse methodiek voor het afleiden van interventiewaarden in het algemeen en voor stoffen die kankerverwekkend zijn of die schadelijk kunnen zijn voor de voortplanting en het nageslacht van de blootgestelde personen?

### Oordeel over het beslissysteem

De interventiewaarden, en met name de alarmeringsgrenswaarde, spelen een belangrijke rol bij het totstandkomen van beslissingen om maatregelen te nemen.

---

Maar een goede toepassing is complex, vooral omdat in de situatie waarin een gevaarlijke stof is vrijgekomen op veel punten onzekerheid kan bestaan. Zo is bijvoorbeeld niet altijd duidelijk hoe groot de blootstelling voor de bevolking is of zal worden. Dat leidt ook tot onzekerheid over de mogelijke gezondheidsschade.

Voor een goede besluitvorming moet die inschatting bovendien worden afgezet tegen het verwachte effect van een eventuele maatregel. Daarbij is de belangrijkste vraag of gekozen moet worden voor schuilen of evacueren. Bij deze keuze is de alameringsgrenswaarde in de praktijk vaak doorslaggevend. Daarom staat deze waarde centraal in dit advies. Een besluit tot maatregelen moet echter alleen genomen worden als te verwachten valt dat de gezondheidsschade door blootstelling aan de gevaarlijke stof groter zal zijn dan de eventuele gezondheidsschade van de maatregel zelf. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met het gedrag van mensen. Dat is in crisissituaties niet altijd zoals wordt verwacht.

Dit hele complex van onzekerheden in de toepassing van interventiewaarden wanneer een gevaarlijke stof vrijkomt in de lucht, geeft aanleiding tot de volgende vraag:

- 2 Voldoet het huidige systeem van beslissen op grond van interventiewaarden om in een situatie met veel onzekerheden toch effectieve maatregelen te nemen?

---

### 1.3 Opzet van het advies

In hoofdstuk 2 beschrijft de commissie de methoden die gebruikt worden voor het afleiden van interventiewaarden bij het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, en beoordeelt ze deze. In hoofdstuk 3 doet de commissie hetzelfde voor de interventiewaarden voor kankerverwekkende en reproductietoxische stoffen.

In de volgende drie hoofdstukken buigt de commissie zich over de rol en het gebruik van de interventiewaarden in de praktijk. In hoofdstuk 4 bespreekt de commissie de wijze waarop de blootstelling aan gevaarlijke stoffen wordt geschat, en de onzekerheden die een dergelijke schatting met zich meebrengt. Vervolgens bespreekt zij in hoofdstuk 5 de gezondheidkundige effectiviteit van de maatregelen schuilen en evacueren. In hoofdstuk 6 komt het gedrag van mensen in het rampgebied en de complexiteit van besluitvorming voor de hulpverleners en bestuurders aan bod.

Hoofdstuk 7 bevat tot slot een overzicht van de antwoorden op beide vragen. Ook worden daar aanbevelingen gedaan om zowel de methodiek als de toepassing in de praktijk te verbeteren.

---

## Afleiden van interventiewaarden voor toxische stoffen

---

Voldoet de in ons land gebruikte methode om interventiewaarden voor gevaarlijke stoffen af te leiden, zodat deze een goed startpunt vormen voor beslissen over maatregelen bij calamiteiten? Die vraag staat centraal in dit hoofdstuk. Eerst worden de verschillende methoden besproken. Vervolgens geeft de commissie haar oordeel.

---

### 2.1 Interventiewaarden in Nederland

#### Drie niveaus van blootstelling

Interventiewaarden geven aan bij welke blootstelling aan een bepaalde stof gezondheidseffecten zullen optreden. In ons land worden daarbij drie niveaus onderscheiden :

- *Voorlichtingsrichtwaarde (VRW)*: dit is een niveau van blootstelling waarbij verwacht wordt dat het merendeel van de blootgestelde bevolking (geur)hinder ondervindt of dat lichte, snel voorbijgaande gezondheidseffecten mogelijk zijn. Het kan daarbij gaan om een veelheid aan effecten zoals: stankhinder, lichte oog- of luchtwegirritatie, lichte hoofdpijn en misselijkheid.
  - *Alarmeringsgrenswaarde (AGW)*: dit is de concentratie van een stof waarboven onomkeerbare of andere ernstige gezondheidsschade kan optreden door de toxische effecten van de stof. In de rampsituatie kunnen die er al toe leiden
-

dat mensen beperkt raken in de mogelijkheid om zich te beschermen of om te vluchten. Maar ook effecten op de lange termijn, zoals het risico van kanker en mogelijke schade aan de voortplanting, kunnen optreden.

- *Levensbedreigende waarde (LBW)*: dit is de concentratie van een stof waarboven binnen enkele dagen na blootstelling sterfte of een acuut levensbedreigende aandoening door toxische effecten kan optreden.

Alle drie niveaus gelden voor een blootstelling aan de stoffen *gedurende een uur*. De gedachte daarachter is dat de emissie van gevaarlijke stoffen meestal binnen een uur (zeer) sterk gedaald zal zijn. De alarmeringsgrenswaarde is voor dit advies de centrale waarde: vanwege de ernstige gezondheidseffecten is dat het niveau van blootstelling waarop bestuurders en hulpdiensten gewoonlijk de beslissing baseren om te ontruimen, schuilen of te evacueren.

### Herkomst van onze interventiewaarden

De Nederlandse procedure voor het afleiden van interventiewaarden is ontstaan toen in de jaren negentig van de vorige eeuw binnen het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam behoefte ontstond aan grenswaarden voor stoffen die kunnen vrijkomen bij calamiteiten. De GGD Rotterdam en omstreken (e.o.) stelde daarop voor een honderdtal stoffen grenswaarden voor.

Die waarden waren waar mogelijk gebaseerd op de Emergency Response Planning Guidelines (ERPG's) van de American Industrial Hygiene Association (AIHA) (ref). Dit is een Amerikaanse non-profit vereniging van arbeidshygiënisten. Deze organisatie publiceerde sinds 1989 voor 125 stoffen ERPG-waarden. De drie niveaus die in ons land voor de interventiewaarden zijn gebruikt (de voorlichtingsrichtwaarde, alarmeringsgrenswaarde en levensbedreigende waarde), stemmen overeen met de systematiek die in de Amerikaanse procedure voor de afleiding van de ERPG's is gebruikt. Ook de keuze om uit te gaan van een blootstellingsduur van één uur is overgenomen.

Er is in ons land echter niet alleen met ERPG's gewerkt. Nederland participeert, samen met Duitsland, ook in de procedure om zogenoemde Acute Emergency Guideline Levels (AEGl's) af te leiden. Ook dit zijn interventiewaarden. Parallel aan de productie van ERPG's werd de methodologie daarvoor ontwikkeld door de Amerikaanse National Research Council (NRC), in opdracht van de US EPA en het Department of Defense (ref). Later is de feitelijke afleiding van deze waarden overgenomen door de National Advisory Committee (NAC/AEGL), die ging samenwerken met de National Research Council. Inmiddels

zijn van 163 stoffen voorlopige waarden beschikbaar. Voor 24 stoffen zijn definitief AEGL's vastgesteld.

Voor de afleiding van de interventiewaarden stelden de GGD Rotterdam e.o. en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) zogenoemde stofdocumenten op: beknopte stukken op basis van secundaire literatuur (reviews van elders gepubliceerd onderzoek) over een stof, op grond waarvan interventiewaarden afgeleid konden worden. Het afleiden van interventiewaarden volgens deze methode is uiteindelijk overgenomen door het ministerie van VROM en BZK. In de huidige procedure worden de stofdocumenten voorbereid door de GGD Rotterdam e.o. en het RIVM, en vervolgens vastgesteld door een toetsgroep van deskundigen. Deze procedure is minder uitgebreid dan die voor de ERPG's en AEGL's. De ERPG- en AEGL-commissies vereisen onderzoek en beschrijving van de primaire literatuur (de oorspronkelijke publicaties).

Inmiddels zijn in ons land voor 294 stoffen interventiewaarden vastgesteld. Deze zijn alle gebaseerd op de stofdocumenten van de GGD Rotterdam e.o., waarna de toetsgroep waarden heeft afgeleid. Voor 194 van de 294 stoffen waren ERPG's en AEGL's beschikbaar. Deze zijn als interventiewaarden overgenomen na afronding door de Nederlandse toetsgroep. De waarden zijn door VROM en BZK gepubliceerd in het boekje *Interventiewaarden gevaarlijk stoffen* (2006).<sup>1</sup> De methodiek voor de afleiding van de interventiewaarden is beschreven in 'Handreiking voor de afleiding van interventiewaarden voor de rampenbestrijding'.<sup>2</sup>

Europese invloeden op het afleiden van interventiewaarden zijn in ons land tot nu toe beperkt gebleven. Vanuit ECETOC, het toxicologie- en ecotoxicologiecentrum van de Europese chemische industrie, zijn in de jaren tachtig van de vorige eeuw richtlijnen gemaakt om Emergency Exposure Indices (EEI's) af te leiden. Binnen Europa heeft dit echter niet geleid tot het formuleren van interventiewaarden.

In 2002 zijn een aantal EU-lidstaten en de Europese chemische industrie een project begonnen onder de naam ACUTEX. Doelstelling was om de AEGL-methodologie te verbeteren. Het resultaat van dit project is een Technical Guidance Document met een methode voor het afleiden van Acute Emergency Threshold Levels (AETLs), de beoogde Europese pendant van de AEGLs. Er zijn echter nog geen definitieve AETL's voor stoffen afgeleid.

---

## 2.2 Methode van afleiden

---

### 2.2.1 Gebruikte gegevens

#### Gegevens uit onderzoek naar toxiciteit

De voorlichtingsrichtwaarde, alarmeringsgrenswaarde en levensbedreigende waarde worden vooral\* afgeleid op basis van de beschikbare toxicologische gegevens van een stof.

Die gegevens kunnen afkomstig zijn uit verschillende typen onderzoek. Het kan daarbij gaan om de algemene bevolking of om werknemers die op de werkplek zijn blootgesteld. Ook gegevens over incidenten kunnen bruikbaar zijn. Nadeel van die laatste categorie is echter dat vaak te weinig bekend is over de concentratie en de duur van blootstelling. Verder is voor sommige stoffen onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden onderzoek gedaan met vrijwilligers. Ook zijn er gegevens over de toxiciteit bij proefdieren.

Idealiter zou het toxiciteitsonderzoek voor interventiewaarden exact de situatie moeten nabootsen waarvoor ze bedoeld zijn, namelijk een eenmalige, korte blootstelling van de mens. Dergelijk (gecontroleerd) onderzoek wordt om ethische redenen uiteraard niet uitgevoerd. Meestal zijn de AGW en LBW dan ook afgeleid op basis van gegevens over de toxiciteit van proefdieren en in een enkel geval van informatie over toxiciteit bij de mens. De meeste voorlichtingsrichtwaarden zijn wel afgeleid van gegevens over de respons bij mensen (geur, lichte irritatie aan ogen of luchtwegen et cetera)

#### Gegevens over typen gezondheidseffecten

Bij rampen vindt blootstelling verder verwijderd van de bron vooral plaats via de lucht. Het contact met de stof verloopt dan via de ogen, de huid en de luchtwegen. Dichtbij de bron kunnen mensen echter ook in aanraking komen met de stof in vloeibare vorm. In dat geval vindt de blootstelling op de huid of via de mond plaats. Al deze factoren zijn van invloed op de aard en ernst van de gevolgen. Verder kunnen acute effecten van een en dezelfde stof totaal verschillen van die bij chronische blootstelling. Bij overmatig alcoholgebruik bijvoorbeeld werkt

---

\* Naast toxicologisch gegevens kunnen de Alarmeringsgrenswaarde en de Levensbedreigende waarde ook zijn afgeleid van het risico van explosie.

---

acute blootstelling in op het centraal zenuwstelsel (coördinatieverlies, dronkenschap), maar treedt bij chronische blootstelling levercirrhose op.

De vraag is dan welke gezondheidseffecten de basis moeten vormen voor het afleiden van interventiewaarden. Om dat te bepalen worden voor de verschillende niveaus verschillende typen effecten bekeken, zoals de directe invloed op de ogen, de huid, de luchtwegen, het zenuwstelsel en de bloedsomloop. Een veelheid van verschijnselen wordt daarbij meegenomen: misselijkheid, braken, hoofdpijn, duizeligheid, schade aan de longen, hartklachten, verstoring van het immuunsysteem, enzovoorts. Deze verschijnselen kunnen ook tot langetermijneffecten leiden; zo kan een acute epitheelbeschadiging resulteren in longemfyseem. Ook kan er op termijn sprake zijn van schade aan de voortplanting of kan er kanker ontstaan. Ook die effecten worden meegenomen in de afleiding van interventiewaarden.

In tabel 1 staat aangegeven hoeveel interventiewaarden zijn afgeleid op grond van effecten op de zogenoemde doelorganen. Systemische effecten, zoals effecten op het bloed of het zenuwstelsel, zijn meestal het gevolg van opname van stoffen via de longen, en soms via de huid. Effecten op de luchtwegen blijken het vaakst de basis te vormen voor een alarmeringsgrenswaarde. Het gaat daarbij meestal om primaire irritatie. De levensbedreigende waarde is per definitie afgeleid op basis van sterfte of het optreden van levensbedreigende aandoeningen (waaronder de gevolgen van ernstige irritatie en corrosie). Luchtwegen en centrale zenuwstelsel blijken daarbij de organen te zijn waarop de stof de meest schadelijke effecten heeft.

Tabel 1 Overzicht van de doelorganen waarop AGW en LBW gebaseerd zijn.

Doelorgaan	AGW	LBW
Spijverteringskanaal	1	1
Ogen	38 (waarvan 35 irritatie)	1
Bloed	3	5
Centrale zenuwstelsel	25	46
Reproductie/ontwikkeling	17	
Carcinogeniteit	5	
Luchtwegen	125 (waarvan 104 irritatie)	74
Huid	1	
Hart	2	10
Overige	81	157 (vooral sterfte, doelorgaan niet vermeld)

## Gegevens over verschillen in gevoeligheid

De gezondheidseffecten door blootstelling aan een stof zullen niet bij iedereen hetzelfde zijn. Sommige mensen zijn gevoeliger dan andere. Uitgangspunt bij het afleiden van interventiewaarden is dat rekening gehouden wordt met gevoelige groepen binnen de bevolking. Een grotere gevoeligheid van bepaalde individuen kan het gevolg zijn van:

- een relatief verhoogde inwendige blootstelling (kinderen, volwassenen bij een verhoogde fysiologische activiteit);
- een periode van groei (kinderen, zwangere vrouwen en foetussen);
- aandoeningen of een verminderde lichamelijke conditie (ouderen, mensen met ziekten aan bijvoorbeeld long, hart of lever);
- individuele verschillen in het biologische beschermingsmechanisme door genetische variatie; een deel van de bevolking zal daardoor minder beschermd zijn dan de rest van de bevolking;
- leefstijlfactoren, zoals roken en gebruik van alcohol of drugs.

---

### 2.2.2 *Rekening houden met onzekerheden*

#### Rekenen met onzekerheidsfactoren en blootstellingsduur

Bij het afleiden van interventiewaarden moet rekening gehouden worden met verschillende typen onzekerheid en verschillen in gevoeligheid. Afhankelijk van de aard van de gegevens uit onderzoek naar toxiciteit worden voor niet-carcinogene stoffen de volgende factoren gebruikt om interventiewaarden af te leiden:

- een factor om rekening te houden met verschillen in gevoeligheid tussen dier en mens (interspeciesvariatie);
- een factor voor het verschil in gevoeligheid tussen mensen (intraspeciesvariatie);
- een factor om te extrapoleren van de blootstellingduur in het onderzoek naar een periode die voor rampen relevant is (de interventiewaarden zijn afgeleid voor een blootstellingduur van één uur). Deze extrapolatie wordt tijdschaling genoemd.

Voor carcinogene stoffen wordt een andere methode voor de afleiding van de interventiewaarden gebruikt.

## Bepalen van de grootte van onzekerheidsfactoren

Voor het bepalen van de hoogte van onzekerheidsfactoren kunnen allerlei typen gegevens en kennis worden gebruikt: kennis over het werkingsmechanisme, gegevens over de kinetiek (opname, verdeling, omzetting en uitscheiding) van een stof en informatie over de steilheid van de curve van de dosiseffectrelatie, die aangeeft in hoeverre oplopende doses leiden tot steeds ernstiger effecten in de geteste diersoort.

Bij het afleiden van de AEGL's is de keuze voor een bepaalde hoogte van de onzekerheidsfactoren zeer sterk geprotocolleerd. Voor de inter- en intraspecies-variantie worden factoren van 1, 3 of 10 toegepast, of vindt extrapolatie plaats met PBPK-modellering (dat wil zeggen: Physiologically Based Pharmacokinetic). De uiteindelijke keuze is afhankelijk van de aard en kwaliteit van de beschikbare gegevens. In de AEGL Standing Operating Procedures (SOP) is voor veel situaties vastgelegd welke factor bij welke type eindpunt en bij welke kwaliteit van gegevens gekozen moet worden.<sup>3</sup> Daarbij wordt uitgegaan van het meest geschikte onderzoek.

De AIHA gebruikt geen formele of goed gedocumenteerde onzekerheidsfactoren, maar gaat uit van consensus onder deskundigen bij de afleiding van de ERPG's. Soms lijken daar impliciete aannames en regels aan ten grondslag te liggen (zo blijkt uit de stofdocumenten), maar die zijn niet in een formele SOP gedocumenteerd. Bij de afleiding van zowel de AEGL's als de ERPG's wordt waar mogelijk gebruik gemaakt van de primaire literatuur.

## Omrekenen naar een andere blootstellingsduur

Interventiewaarden zijn vastgesteld voor een blootstellingsduur van één uur. Voor de meeste stoffen zijn er echter vooral relevante gegevens voor een andere blootstellingsduur. Extrapolatie naar een blootstellingsduur van één uur is dan noodzakelijk.

De gebruikte extrapolatiemethode om tot een waarde voor één uur te komen geeft vervolgens ook de mogelijkheid om interventiewaarden voor een andere blootstellingsduur te berekenen. In de praktijk is daar vaak behoefte aan. Dan kan tijdens een calamiteit namelijk ook geschat worden wat de gevolgen zijn van een blootstellingsduur die korter of langer is dan één uur. De methode die de AEGL-commissie daarvoor heeft voorgesteld komt grotendeels overeen met de in Nederland gebruikte methode voor het afleiden van interventiewaarden.

Om gegevens te kunnen omrekenen naar een bepaalde blootstellingsduur, is het nodig de relatie tussen enerzijds blootstellingsduur en –concentratie en anderzijds de toxiciteit van een stof te kennen.

De meest toegepaste methode voor *time scaling* is een verfijning van de ‘wet van Haber’, opgesteld in 1924; in formule:  $C \times t = k$ . Daarin is C de blootstellingsconcentratie, t staat voor de blootstellingsduur en k is een constante.

Uit een onderzoek van Ten Berge (1986) bij een twintigtal stoffen bleek echter dat de relatie tussen de blootstellingsconcentratie en de tijd, afgemeten aan de acute sterfte bij proefdieren, exponentieel is.<sup>4</sup> Hij stelde dan ook een verfijning van de wet van Haber voor:  $C^n \times t = k$ . Dit is het zogenaamde *toxic load*-model, waarin n een stofspecifieke waarde heeft die groter is dan 0. De waarden voor n in het onderzoek van Ten Berge varieerden van 0,8 tot 3,5, waarbij 90% van de waarden zich tussen n=1 en n=3 bevond.

Deze herziening van de wet van Haber betekent voor de afleiding van interventiewaarden dat per stof een bepaalde waarde voor n beschikbaar moet zijn, waarmee voor elke combinatie van concentratie en blootstellingsduur de specifieke *toxic load* berekend kan worden.

Het komt echter ook voor dat geen stof- en eindpuntspecifieke waarde voor n beschikbaar is voor een stof. In dat geval gebruikt men voor de afleiding van de AEGL bij extrapolatie van een kortere blootstelling naar een langere blootstellingsduur voor n de waarde 1. Bij extrapolatie van een langere blootstellingsduur naar een kortere blootstellingsduur wordt als waarde n =3 gebruikt. Op deze wijze wordt in beide gevallen de meest conservatieve waarde van de empirische *range* uit de publicatie van Ten Berge (1986) toegepast.

Soms adviseert de AEGL-commissie het gebruik van een constante AEGL-waarde over de hele *range* van blootstellingsduren. Dat gebeurt met name als het eindpunt voor de AEGL-1 lichte irritatie is. De aanname is dan dat alleen de concentratie de ernst van de irritatie bepaalt, en niet de blootstellingsduur.

Voor het afleiden van ERPG-waarden bestaan geen vastgestelde regels om de onderzoeksgegevens te vertalen naar een andere blootstellingsduur. In de praktijk blijkt men echter voor n een waarde van 1 of 2 te gebruiken.

Voor de in Nederland afgeleide interventiewaarden gebruikt men een stofspecifieke waarde voor n, en als die ontbreekt een standaardwaarde van 2.

---

### 2.2.3 Vaststellen van Nederlandse interventiewaarden

Hoe worden op basis van deze internationaal gebruikte methodiek nu Nederlandse interventiewaarden vastgesteld? Bij de in Nederland geproduceerde interventiewaarden wordt vooral uitgegaan van consensus onder deskundigen.

---

Daarbij wordt de gehele set van gegevens geëvalueerd. Uitgangspunt is de secundaire literatuur, dat wil zeggen: elektronische gegevensbanken of reviews van elders gepubliceerd onderzoek. Vervolgens wordt een interventiewaarde gekozen, maar zonder expliciet duidelijk te maken welke onzekerheidsfactoren zijn toegepast en waarom. De uiteindelijke keuze voor een bepaalde waarde is niet in een document onderbouwd. Wel is in de stofdocumenten met onderstrepingen aangegeven welke gegevens over de toxiciteit bepalend zijn geweest voor de gekozen waarde.

De hoogte van een bepaalde interventiewaarde voor een specifieke stof wordt uitgedrukt in de vorm van een van de getallen in de volgende reeks: 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 2 – 5 – 10, et cetera. Een nauwkeuriger bepaling, door ook de tussenliggende waarden te gebruiken, vinden de opstellers niet zinvol. Verdere verfijning zou namelijk een te groot contrast vormen met de vele onzekerheden die een rol spelen na een calamiteit met gevaarlijke stoffen, zoals de beperkte nauwkeurigheid van de gebruikte methoden om de blootstelling tijdens een incident te bepalen, de beperkte voorspellende waarde van de modellen waarmee de verspreiding van het gas wordt voorspeld, en de beperkte toxicologische gegevens voor de meeste stoffen.

Deze keuze voor cijfers uit een reeks is een andere aanpak dan die is gekozen bij het bepalen van de AEGL- en ERPG-waarden. Die worden namelijk afgerond op 2 significante cijfers.

---

## **2.3 Beoordeling van de afleidingsmethode**

### *2.3.1 Algemeen oordeel*

#### Gebruik van AEGL's en ERPG's als basis

Van de 294 stoffen waarvoor een interventiewaarde is afgeleid zijn de interventiewaarden voor 194 stoffen gebaseerd op AEGL's en ERPG's. Voldoen die in principe als uitgangspunt om interventiewaarden af te leiden?

Om die vraag te beantwoorden moet duidelijk zijn aan welke voorwaarden voldaan moet zijn om te spreken van een verantwoorde afleiding van interventiewaarden. De commissie is voorstander van een benadering waarbij alle aspecten van een stof in ogenschouw worden genomen, in plaats van uit te gaan van één sleutelstudie. Inzicht in de werking en kinetiek van stoffen (en hun metabolieten) in mens en dier, en kennis over de variabiliteit daarin, maken het mogelijk tot betere interventiewaarden te komen en te volstaan met kleinere onzekerheidsfactoren.

---

Welke gegevens zouden daarvoor nodig zijn? Kennis over het werkingsmechanisme is af te leiden uit bijvoorbeeld de structuur van een stof en uit histopathologische waarnemingen. Met de verschillen in kinetiek van mens en dier kan rekening worden gehouden door het gebruik van Physiologically Based Pharmacokinetics (PBPK) -technieken, waarmee de concentratie van een stof (of de metaboliet) in het orgaan van werking berekend kan worden. Verhoudingen van concentraties van de stof in plasma tussen dier en mens kunnen ook zeer behulpzaam zijn om inzicht te krijgen in verschillen in kinetiek bij dier en mens.

Hoe verhoudt de manier waarop de AEGL's worden afgeleid zich tot deze geprefereerde, brede benadering? Om AEGL's te bepalen wordt een proces doorlopen waarbij na een literatuuronderzoek een voorlopige waarde wordt voorgesteld en vervolgens verschillende externe en interne toetsingen plaatsvinden. Daarna wordt een definitieve waarde vastgesteld. Een groot voordeel van de wijze waarop de AEGL's worden afgeleid is dat de gebruikte methode en procedure zeer zorgvuldig en transparant zijn. Daarnaast wordt voor de afleiding meestal gebruik gemaakt van de primaire literatuur. Een nadeel is dat een AEGL meestal wordt afgeleid uit één sleutelonderzoek.

Hoewel de commissie voorstander is van een benadering waarbij alle aspecten van een stof in ogenschouw worden genomen, meent zij dat de afleiding van AEGL's zeer zorgvuldig en transparant is. Zij stemt dan ook in met het gebruik van deze waarden als uitgangspunt voor de afleiding van de Nederlandse interventiewaarden. Daarbij weegt zij mee dat de juistheid van de interventiewaarde niet alleen door de gehanteerde benadering wordt bepaald maar vooral door de onzekerheden in bijvoorbeeld de tijdschaling en de beperkte hoeveelheid gegevens.

De methode van tijdschaling is om pragmatische redenen bruikbaar, al kunnen de onzekerheden aanzienlijk zijn. Verder stemt de commissie in met het achterwege laten van tijdsextrapolatie voor lichte irritatie en geur, beide eindpunten bij het vaststellen van een voorlichtingsrichtwaarde. Voor deze eindpunten is de concentratie namelijk bepalend voor het effect, en heeft de blootstellingsduur weinig invloed.

Ook de wijze van afleiding van de ERPG's acht de commissie van voldoende kwaliteit. Voor de afleiding van die waarden wordt, net als bij de AEGL's, ook de primaire literatuur gebruikt. Daarnaast worden de waarden onderbouwd, en zijn ze gebaseerd op overeenstemming tussen deskundigen. De commissie stemt in met het gebruik van de ERPG's als uitgangspunt voor de afleiding van Nederlandse interventiewaarden.

---

Dit betekent echter niet dat (alle) AEGL's en ERPG's ook juist en betrouwbaar zijn. Voor de meeste stoffen zijn namelijk onvoldoende (goede) gegevens beschikbaar om betrouwbare waarden af te leiden. Bij meer dan de helft van de stoffen ontbreken bijvoorbeeld relevante kwantitatieve gegevens over effecten op de mens.

Daarom moet veelvuldig gebruik gemaakt worden van onzekerheidsfactoren, om toch te proberen de niveaus van blootstelling te bepalen waarbij effecten op zullen treden. Alleen al omrekenen van de duur van de blootstelling in een onderzoek naar het uitgangspunt bij interventiewaarden, namelijk blootstelling gedurende één uur, kan leiden tot interventiewaarden die niet overeenkomen met wat in de realiteit plaatsvindt als mensen blootstaan aan deze hoeveelheden van een stof.

### Gebruik van stofdocumenten als aanvulling

De stofdocumenten van de GGD Rotterdam e.o. of het RIVM zijn vooral gebaseerd op secundaire literatuur. Waar mogelijk wordt de informatie uit AEGL- en ERPG-documenten overgenomen, en worden de waarden als uitgangspunt gebruikt. De Nederlandse toetsgroep evalueert en weegt het geheel van deze gegevens en stelt vervolgens een Nederlandse interventiewaarde vast.

Het gebruik van secundaire literatuur in deze procedure zorgt ervoor dat de benadering waarbij alle aspecten van een stof in ogenschouw worden genomen op detailniveau minder goed uitgevoerd kan worden. De commissie vindt dit gerechtvaardigd als tussenoplossing, gezien de tijd die het kost om voor een groot aantal stoffen waarden af te leiden. Bij deze conclusie is meegenomen dat nieuwe AEGL- en ERPG-waarden in de toekomst de huidige Nederlandse interventiewaarden zullen vervangen. De commissie constateert dat het gebruik van de Nederlandse procedure niet tot significant grotere onzekerheden leidt in vergelijking met de AEGL's en ERPG's. Gezien de eerdere geschetste onzekerheden stemt de commissie in met de wijze waarop wordt afgerond in een getallenreeks.

Voor de ontwikkeling van AETL's in Europa wil de commissie nog het volgende aanbevelen. Met het oog op grensoverschrijdende calamiteiten is zij er voorstander van dat in Europa één systematiek en dezelfde waarden worden gebruikt. Het ligt daarbij voor de hand om aan te sluiten bij de Amerikaanse systematiek en bijbehorende waarden.

---

### 2.3.2 Overige kanttekeningen

Hoewel het oordeel van de commissie over de totstandkoming van de Nederlandse interventiewaarden op zich positief is, zijn er nog wel wat kanttekeningen te plaatsen. Die komen hieronder aan bod.

#### 1 Verhouding tussen levensbedreigende waarde en alarmeringsgrenswaarde

Een eerste kanttekening gaat over de verhouding tussen de hoogte van de levensbedreigende waarde en die van de alarmeringsgrenswaarde. Voor veruit de meeste stoffen is die verhouding kleiner dan 10; factoren van 2 tot 5 zijn geen uitzondering. Dit houdt in dat concentraties waarbij ernstige of irreversibele effecten optreden en de concentratie waarbij mensen al na een kortdurende blootstelling kunnen overlijden zeer dicht bij elkaar zouden liggen.

Dat kan ook van invloed zijn op de beslissingen die in de praktijk genomen worden. Maatregelen worden weliswaar primair gebaseerd op overschrijding van de AGW, maar als de AGW en LBW dichtbij elkaar liggen zullen beslisnemers sneller het zekere voor het onzekere willen nemen en bijvoorbeeld overgaan op een evacuatie.

#### 2 Methode van omrekenen naar blootstellingsduur

De methode van tijdschaling is afkomstig uit onderzoek naar het effect van een beperkt aantal stoffen op proefdieren, met sterfte als ijkpunt. Het gebruik hiervan brengt echter een aantal onzekerheden met zich mee. Ook is onbekend in hoeverre de relatie tussen blootstellingstijd en concentratie in de lucht zoals die bij proefdieren geconstateerd wordt, ook van toepassing is op de mens. Als er geen stofspecifieke waarden voor n beschikbaar zijn, geeft de commissie de voorkeur aan de methode voor tijdschaling die is gebruikt voor de afleiding van de AEGL's, omdat deze minder onzekerheden geeft. Dat betekent dat aan n een waarde wordt toegekend van 1 of 3 boven de standaardwaarde voor n=2 die nu voor de Nederlandse waarden wordt gebruikt.

#### 3 Documentatie van de afleiding van de interventiewaarden

De derde kanttekening betreft de documentatie van de manier waarop de interventiewaarden per stof tot stand zijn gekomen. Die is niet altijd transparant. Voor

---

de verschillende interventiewaarden is alleen per stof aangegeven welke gegevens over de toxiciteit bepalend waren voor een interventiewaarde; die gegevens zijn namelijk in de stofdocumenten onderstreept.

Uit deze gegevens is echter niet af te leiden wat de overwegingen waren om tot een uiteindelijke waarde te komen en of de waarde naar boven of naar beneden is afgerond. Daardoor is niet te traceren hoe de interventiewaarde precies tot stand is gekomen. Ook is onduidelijk in hoeverre de interventiewaarden gebaseerd zijn op de effecten bij risicogroepen. Overigens zijn daarover voor de meeste stoffen geen gegevens beschikbaar; bovendien is niet altijd bekend welke risicogroepen er zijn en hoeveel gevoeliger die zijn.

De commissie beveelt daarom aan om bij herziening van interventiewaarden een toelichting te geven op de wijze waarop de interventiewaarde tot stand is gekomen.



---

## **Afleiden van interventiewaarden voor carcinogene en reproductietoxische stoffen**

---

Twee typen effecten vereisen een aparte benadering bij het afleiden van interventiewaarden voor blootstelling aan gevaarlijke stoffen: het optreden van kanker en schade aan de voortplantingsorganen of het nageslacht. Het uitdrukkelijk benoemen van stoffen als carcinogeen of reproductietoxisch is in de eerste plaats ingegeven door de sterke aandacht van het bestuur, het publiek en de pers. Voldoen de gebruikte methoden om voor stoffen met deze typen effecten een alarmeringsgrenswaarde af te leiden?

---

### **3.1 Carcinogene stoffen**

---

#### *3.1.1 Methode van afleiden*

##### Meewegen van carcinogeniteit

In Nederland wordt bij het bepalen van de alarmeringsgrenswaarde bij alle stoffen de mogelijke carcinogeniteit meegewogen, aangezien het daarbij gaat om een ernstig en onomkeerbaar gezondheidsffect. Die schadelijke eigenschap geeft bij een beperkt aantal stoffen ook de doorslag: is de op basis van carcinogeniteit berekende waarde lager dan de waarde die is berekend op grond van de andere toxische effecten, dan wordt de alarmeringsgrenswaarde namelijk vastgesteld aan de hand van de gegevens over carcinogeniteit. Dat wil zeggen dat dan al bij een minder hoge blootstelling een alarmeringsgrenswaarde wordt vastgesteld.

---

Bij de afleiding van de ERPG-2 (die overeenkomt met de AGW) wordt een overeenkomstige procedure gevolgd. Anders ligt dat bij de afleiding van de AEGL's. Daar wordt de informatie over de eventueel carcinogene werking van een stof wel opgenomen in de stofdocumenten, maar bij de afleiding van de waarden wordt daar verder geen rekening mee gehouden.

### Gebruik van lineaire extrapolatie

Voor carcinogene stoffen wordt bij de afleiding van de in Nederland afgeleide interventiewaarden gebruik gemaakt van een lineaire extrapolatie. Bij een lineaire extrapolatie wordt er vanuit gegaan dat er geen drempelwaarde is voor een stof: er is geen concentratie zonder een (kleine) kans op een kwaadaardige tumor.

Met de lineaire extrapolatie worden de beschikbare gegevens omgerekend naar een risico dat overeenkomt met een kans dat één op de miljoen mensen per jaar een kwaadaardige tumor krijgt bij (continue) blootstelling aan die stof. Dit is conform het uitgangspunt voor de afleiding van normen dat VROM hanteert bij haar milieubeleid (het Maximaal Toelaatbare Risiconiveau). Vervolgens wordt deze (continue) blootstelling omgerekend naar een blootstelling van één uur, ervan uitgaande dat deze relatie ook lineair is.

Bij de afleiding van de ERPG-2 wordt een iets andere mathematische methode gevolgd; de zogeheten 'linearized multistage' van de EPA. Ook die methode gaat uit van het ontbreken van een drempelwaarde.

In principe is de lineaire extrapolatie alleen geschikt voor genotoxische stoffen. Dat zijn stoffen die in staat zijn een kankerproces te initiëren door een onomkeerbare verandering in het DNA. Niet-genotoxische carcinogenen\* zijn niet direct werkzaam via beschadiging van het erfelijk materiaal, maar kunnen wel tot tumorvorming leiden. Voor deze laatste groep stoffen wordt het bestaan van een drempelwaarde aangenomen, waar beneden er geen nadelige effecten zijn.

Vaak is bekend of een stof genotoxisch of niet-genotoxisch is, maar is een eventuele drempelwaarde niet bekend. Bij de afleiding van de interventiewaarden in Nederland wordt in dat geval toch een lineaire extrapolatie gebruikt. De aanname is dat daarmee voldoende veilige waarden worden afgeleid.

---

\* In de handreiking wordt hiervoor de term epigenetisch gebruikt.

---

## Gebruik van onzekerheidsfactoren

Bij de afleiding van de interventiewaarde wordt nog een extra onzekerheidsfactor van 2,8 toegepast (Dose Rate Correction Factor, DRCF). Daarmee wordt dan rekening gehouden met het zeer veel hogere tempo waarin mensen bij een ramp aan een dosis stoffen kunnen worden blootgesteld (ze krijgen de volledige levenslange MTR-dosis in een uur in plaats van in een leven).

Overigens is de juiste hoogte van die onzekerheidsfactor op zichzelf ook weer onzeker. De Gezondheidsraad kwam in een achtergrondrapport over piek-blootstelling aan (genotoxische) kankerverwekkende stoffen op basis van een beperkt aantal dierproeven tot DRCF-waarden die varieerden van bijna 0 tot 8,3 (mediane waarde 2,8).<sup>5</sup> Theoretische berekeningen resulteerden in waarden van 0 tot 7,1. Bij de in Nederland afgeleide interventiewaarden is uitgegaan van de genoemde mediane waarde van 2,8. Die waarde wordt ook door de ERPG gebruikt.

## Gebruik van IARC-classificatie

Als het gaat om het bepalen van interventiewaarden wordt een stof als carcino-geen beschouwd als die door de International Agency for Research on Cancer (IARC) is geclassificeerd als bewezen, waarschijnlijk of mogelijk humaan carci-nogeen (respectievelijk klasse 1, 2A en 2B). In de classificatie wordt geen onder-scheid gemaakt tussen genotoxische carcinogenen en niet-genotoxische carcinogenen.

Van de ruim 300 stoffen waarvoor interventiewaarden zijn afgeleid zijn 33 stoffen aangemerkt als carcinogeen (al dan niet bewezen, mogelijk of verdacht). Voor vijf stoffen zijn de AGW's specifiek gebaseerd op carcinogeniteit. Daar-door zijn ze in die gevallen dus iets lager.

---

### 3.1.2 *Beoordeling van de afleidingsmethode*

Anders dan tot nu toe gebruikelijk is, stelt de commissie voor bij de afleiding van de alarmeringsgrenswaarden van stoffen geen rekening te houden met carcinoge-niteit, tenzij er overtuigende gegevens zijn waaruit blijkt dat een korte blootstel-ling leidt tot de ontwikkeling van kwaadaardige tumoren bij mensen, en wel bij concentraties die (ruim) onder de op andere effecten gebaseerde AGW liggen. Informatie over de eventueel carcinogene werking van een stof moet echter wel worden weergegeven in de stofdocumenten. Dit sluit aan bij de benadering van

---

de AEGL-commissie. Hieronder staan de belangrijkste overwegingen voor dit oordeel.

Voor stoffen met een carcinogene werking wordt voor de afleiding van de AGW uitgegaan van het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau. Het MTR is een milieukwaliteitseis waarbij het uitgangspunt is een veilige leefomgeving te waarborgen. Bij dit risiconiveau wordt uitgegaan van langdurige (chronische) blootstelling. De waarde beoogt een grens aan te geven waaronder geen schade aan de gezondheid optreedt.

Aangezien er voor stoffen met een carcinogene werking geen concentratie bestaat zonder een (kleine) kans op een kwaadaardige tumor is (beleidsmatig) gekozen voor een bepaalde, nog acceptabel geachte kans op optreden van een tumor na langdurige blootstelling. Het hiervoor gekozen niveau voor de ontwikkeling van kwaadaardige tumoren bij blootstelling gedurende een jaar is één op de miljoen individuen.

Voor het vaststellen van de AGW bij stoffen met een carcinogene werking wordt op dit moment de blootstelling uit de milieukwaliteitseis als uitgangspunt gebruikt. De MTR heeft echter een volstrekt andere functie dan de AGW. De MTR is bedoeld om normen te stellen voor een stabiele, veilige leefomgeving. De AGW daarentegen geeft een blootstelling waarop ernstige effecten worden verwacht. Die inschatting maakt het vervolgens mogelijk om een afweging te maken tussen ernstige effecten die het gevolg zijn van de blootstelling aan een stof en de effecten van een te nemen maatregel.

De omrekening van de lage blootstelling gedurende lange tijd in de gewone leefomgeving naar de kortdurende, hogere blootstelling tijdens een calamiteit leidt echter tot een overschatting van het risico dat daarbij kanker ontstaat. Dat is te wijten aan de invloed van twee extrapolaties.

Ten eerste wordt voor de afleiding van een MTR een lineaire extrapolatie gebruikt, waarmee de concentratie wordt berekend die overeenkomt met het geaccepteerde risico van één slachtoffer per miljoen mensen. Deze lineaire extrapolatie wordt algemeen beschouwd als conservatief.

Ten tweede is er de omrekening van de MTR naar een AGW. Ook die vindt plaats middels een lineaire omrekening. Om uit te komen op een blootstelduur van één uur wordt een factor van 2,8 gebruikt (Dose Rate Correction Factor). Deze omrekening van een langdurige (in feite levenslange) blootstelling naar een blootstelling van één uur brengt grote onzekerheden met zich mee. Dit komt vooral doordat de werkingsmechanismen – op moleculair, cellulair en orgaan niveau – die leiden tot de ontwikkeling van een tumor zeer divers zijn, en

---

complex. Vaak weten we zelfs niet precies hoe tumoren ontstaan. Het is ook aan-  
nemelijk dat de mechanismen die leiden tot de ontwikkeling van tumoren bij een  
langdurige (lage) blootstelling anders zijn dan die bij een kortdurende (hoge)  
blootstelling.<sup>3</sup> In de meeste gevallen lijkt een jarenlange blootstelling vereist om  
van een stof kanker te krijgen.

Ook de AEGL-commissie uit twijfels over de waarschijnlijkheid dat stoffen  
bij een zeer korte blootstelling tumoren kunnen veroorzaken.<sup>3</sup> Wel is er een  
beperkt aantal voorbeelden van stoffen waarbij mensen kanker kregen na een  
herhaalde korte blootstelling aan (waarschijnlijk) hoge doses, bijvoorbeeld in het  
geval van nierkanker als gevolg van aristocholzuur (bij vrouwen die bepaalde  
kruiden gebruikten om te vermageren) en kinderen met leukemie die behandeld  
werden met cytostatica.

Bij beide voorbeelden gaat het overigens om genotoxische stoffen. Voor niet-  
genotoxische carcinogenen lijkt dit gevaar nog minder groot. Daar lijkt een een-  
malige, kortdurende blootstelling slechts een kortdurende stimulus op te leveren,  
die snel weer uitgewerkt is en die de tumorgroei dus maar beperkt zou stimule-  
ren. De aanname is dan wel dat de stoffen die in dat uur worden opgenomen geen  
lange halfwaardetijd hebben, bijvoorbeeld van weken of maanden.

Al deze gegevens meewegend, acht de commissie de kans gering dat een kortdu-  
rende blootstelling ook tot kanker zal leiden. Op grond daarvan oordeelt ze dan  
ook dat het beter is om carcinogeniteit niet langer mee te wegen bij het afleiden  
van een alarmeringsgrenswaarde, tenzij duidelijk is dat een stof tot tumorgroei  
leidt, en dit ook al gebeurt bij een waarde die aanmerkelijk lager ligt dan de  
waarde die is afgeleid op grond van andere schadelijke effecten.

---

## **3.2 Reproductietoxische stoffen**

Voor reproductietoxische stoffen worden aparte alarmeringsgrenswaarden afge-  
leid. Deze stoffen hebben effecten op het zich ontwikkelende kind (vanaf de con-  
ceptie), of op de zich daaruit ontwikkelende volwassene of op de voortplanting  
van volwassenen.

---

### **3.2.1 Methode van afleiden**

#### **Gebruikte classificatie**

Voor een eerste selectie van stoffen die mogelijk reproductietoxisch zijn, wordt  
bij de afleiding van interventiewaarden gebruik gemaakt van een classificatiesy-

---

steem: de Reptext System Hazard Rating. In dit classificatiesysteem worden stoffen ingedeeld in een aantal klassen. Die geven aan in hoeverre er bewijs is voor de reproductietoxische effecten van stoffen. Is op grond van dieronderzoek of gegevens over de mens duidelijk dat er inderdaad sprake is van reproductietoxiciteit, of bestaat daarover het vermoeden, dan wordt de stof in kwestie verder beoordeeld.

De gegevens over de reproductietoxiciteit van de nader te beoordelen stoffen zijn – naast de standaard databases die voor alle eindpunten zijn gebruikt – ontleend aan een specifieke database: Reprorisk system. In veel gevallen was de informatie daaruit echter ontoereikend en werden ook andere (secundaire) bronnen geraadpleegd.

### Gebruikte gegevens

De interventiewaarden voor reproductietoxische stoffen worden afgeleid uit gegevens uit twee typen onderzoek: epidemiologisch onderzoek bij de mens en dierexperimenteel onderzoek.

Een voordeel van het epidemiologisch onderzoek is dat de gegevens direct betrekking hebben op de mens. Een belangrijke beperking is echter weer dat vaak sprake is van een gecombineerde blootstelling aan stoffen. De meeste onderzoeken zijn namelijk uitgevoerd in een arbeidssituatie. Daarbij is bovendien sprake van een lange blootstelling, die moeilijk vertaalbaar is naar een blootstelling gedurende één uur.

Proefdieronderzoek is de andere bron van gegevens. Voor het uitvoeren van reprotoxiciteitsonderzoek gelden daarbij internationale richtlijnen. Daarin worden drie typen onderzoek beschreven: fertiliteits- en voortplantingstests, embryotoxiciteits- en teratogeniteitstests, en peri- en postnatale tests. Daarnaast worden multi-generatietests uitgevoerd.

Van de beschikbare typen dierexperimenteel onderzoek worden alleen de gegevens uit de embryotoxiciteits- en teratogeniteitstesten gebruikt om alarmringsgrenswaarden af te leiden. Voor de andere typen onderzoek gaan de auteurs van de methodiek voor de interventiewaarden ervan uit dat de effecten die daar worden onderzocht waarschijnlijk niet na een eenmalige kortdurende blootstelling kunnen optreden zonder dat er tegelijkertijd sprake is van toxiciteit voor het moederdier.

Bij de embryotoxiciteits- en teratogeniteitstests worden drachtige dieren (van twee diersoorten: meestal rat en konijn) gedurende een aantal dagen blootgesteld, en wel in de periode waarin de vorming van organen plaatsvindt. Voorwaarde is dan dat bij de hoogste concentratie ook toxiciteit bij het moederdier optreedt. Het

---

nageslacht wordt vervolgens onderzocht op structurele afwijkingen in weefsels en skelet. Embryonale sterfte en misvormingen worden gezien als relevante effecten, op basis waarvan AGW's worden afgeleid.

---

### 3.2.2 *Beoordeling van de afleidingsmethode*

De commissie stelt voor bij de afleiding van de AGW geen rekening te houden met reproductietoxiciteit, behalve als er sterke gegevens zijn waaruit blijkt dat een korte blootstelling aan een stof inderdaad kan leiden tot teratogeniteit of embryotoxiciteit bij de mens. Om dat laatste te kunnen bepalen moeten de gegevens over reproductietoxiciteit voor elke stof dus kritisch gewogen worden. Informatie over de eventueel reproductietoxische werking van een stof moet worden weergegeven in de stofdocumenten. De commissie komt tot dit voorstel op grond van de volgende overwegingen.

Een zich ontwikkelend kind (vanaf de conceptie) is kwetsbaar, omdat de ontwikkeling gepaard gaat met een nauwkeurig bepaalde opeenvolging van differentiatie van specifieke cellen. Een verstoring daarvan kan leiden tot irreversibele schade. Afhankelijk van de stof zal een bepaalde (korte) periode tijdens de ontwikkeling het meest gevoelig zijn voor een verstoring. Per stof kan dat verschillen.

Idealiter is het voor het vaststellen van een realistische AGW van een stof dus bekend wat voor de mens de meest gevoelige periode van blootstelling is, en of (en bij welke) blootstelling gedurende zeer korte tijd (één uur) in die periode wel tot effecten op de reproductie kan leiden.

De alarmeringsgrenswaarden waarbij de reproductietoxische effecten bepalend zijn geweest (17 stoffen tot nog toe), zijn echter niet afgeleid uit gegevens over de mens, maar uitsluitend uit de gangbare reproductietoxiciteitstesten met proefdieren. Gegevens over reproductietoxiciteit bij de mens waren slechts voor een enkele stof beschikbaar, maar bleken niet bruikbaar voor de afleiding.

Er zijn dus alleen proefdiergegevens uit gangbare tests. Daarover is de commissie van oordeel dat deze niet goed bruikbaar zijn voor het afleiden van AGW's. Er bestaat namelijk geen adequaat model om die gegevens te extrapoleren van proefdier naar mens. Enerzijds is dit het gevolg van de complexiteit van de hele reproductiecyclus (van zaad- en eicel tot voldragen vrucht) en de grote verschillen tussen dier en mens. Als een bepaalde periode bij een proefdier zeer gevoelig is voor reproductietoxische effecten, dan is daaruit bijvoorbeeld niet af te leiden wat de overeenkomstige periode bij de mens zal zijn. Anderzijds kunnen de gegevens niet goed vertaald worden van het dier in een laboratoriumsitua-

---

tie naar de mens tijdens een calamiteit. De gangbare reproductietoxiciteitstests gaan uit van blootstelling van de dieren aan de stof gedurende perioden van enkele dagen tot twee hele generaties en omvatten de gehele of gedeeltelijke spermatogenese, oöcytrijping en de organogenese van het embryo. Daaruit is niet zonder meer af te leiden of en bij welke concentratie blootstelling gedurende één uur (dezelfde) reproductietoxische effecten op zullen treden.

Overigens concluderen van Raaij en collega's dat bepaalde effecten uit de gangbare langdurige tests wel degelijk een goed beeld lijken te geven van de effecten van een eenmalige blootstelling.<sup>6</sup> Het gaat daarbij om het optreden van malformaties en resorpties (foetussen die niet tot verdere ontwikkeling en geboorte zijn gekomen, maar waarvan in de uterus de "ankerplaats" nog steeds zichtbaar is, als op de moeder sectie wordt verricht). Uit dit onderzoek, waarin werd gekeken naar een beperkt aantal combinaties van stoffen, soorten en blootstellingsroutes, blijkt ook dat het onderzoek naar reproductietoxiciteit volgens de gangbare richtlijnen (herhaalde blootstelling), altijd leidt tot een conservatieve inschatting van een eenmalige blootstelling.

De conclusie is dat voor geen van de reproductietoxische stoffen waarvoor interventiewaarden zijn afgeleid relevante gegevens beschikbaar zijn over de effecten op de voortplanting van de mens. De gegevens uit herhaalde experimenten met proefdieren waarop nu een aantal AGW's is gebaseerd zijn niet goed te vertalen naar de mens.

Maar zelfs al zouden er wel gegevens voorhanden zijn over de reproductietoxische effecten voor de mens bij blootstelling gedurende één uur in de meest gevoelige periode tijdens de zwangerschap, dan nog is het de vraag of daarmee rekening gehouden moet worden bij de afleiding van de AGW. De kans is namelijk zeer klein dat bij een calamiteit zwangere vrouwen worden blootgesteld in precies die meest kwetsbare periode.

Wel is het zinvol een voorbehoud te maken. Als blijkt dat een stof een veel lagere drempelwaarde voor reproductietoxiciteit heeft dan voor toxiciteit op andere lichaamsfuncties, moet alsnog overwogen worden om de alarmeringsgrenswaarde daarop te baseren. De door van Raaij et al (2003) genoemde resorpties en malformaties zouden daarbij als criterium kunnen dienen. Wordt bij onderzoek met een bepaalde stof over deze of andere relevante effecten gerapporteerd, dan moet overwogen worden of deze meegenomen moeten worden bij het afleiden van de alarmeringsgrenswaarde.

---

## Schatten van de blootstelling

---

Interventiewaarden afleiden is een eerste stap. Die moeten beschikbaar zijn op het moment dat een calamiteit zich voordoet. De volgende drie hoofdstukken zijn gewijd aan de vervolgstappen. Kenmerkend is dat in een situatie waarin gevaarlijke stoffen vrijkomen veel onzeker is, terwijl toch belangrijke beslissingen genomen moeten worden. Als daarvan sprake is, is de eerste stap om een schatting te maken van de blootstelling en te bepalen of de alarmeringsgrenswaarde is bereikt of dat binnen afzienbare tijd zal gebeuren. Daarvoor zijn metingen en berekeningen nodig. Hoe worden die uitgevoerd? En met hoeveel zekerheid kan op grond daarvan geconcludeerd worden hoe hoog de blootstelling werkelijk is? Daarover gaat het in dit hoofdstuk.

---

### 4.1 Berekeningsmodellen en hun onzekerheden

---

#### 4.1.1 *Gebruikte modellen*

Direct na een calamiteit waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen schat de brandweer in welk gebied de interventiewaarden zullen worden overschreden. Dat gebied kan vele malen groter zijn dan het gebied waarin het incident plaatsvond dat leidde tot ontsnapping van de gassen. Het brongebied is vaak beperkt van omvang: het kan bijvoorbeeld een flinke vloeistofplas zijn op het terrein rond een leegstromende tank. Het effectgebied, waar de interventiewaarden worden over-

---

schreden, kan zich snel uitbreiden, soms tot tientallen kilometers benedenwinds. Atmosferische omstandigheden spelen daarbij een grote rol.

Om de omvang van een gaswolk in tijd en plaats te beschrijven wordt vaak een eenvoudig model toegepast, de zogenoemde Gaussische dispersie. Dit type model is vrij gangbaar, omdat het wiskundig vrij eenvoudig is. Er wordt namelijk van uitgegaan dat de concentratie van een stof zich benedenwinds van de bron langs een bepaalde as verspreidt. Zo ontstaat een 'pluim', waarbij de concentratie direct langs de as het hoogste is en zowel in horizontale als in verticale richting naar de randen toe steeds lager wordt. Diverse parameters bepalen hoe die pluim er precies uit komt te zien.

Diverse implementaties van het Gaussische model zijn in gebruik om tijdens een calamiteit de concentraties van een gevaarlijke stof in een gebied te voorspellen. De eenvoudigste is er een met zogenoemde gasmallen. Dit zijn van oorsprong transparanten waarop de berekende eindsituatie van de verspreiding van de stof is afgebeeld. De voor de situatie meest passende gasmal wordt over een topografische kaart gelegd. Als de meest representatieve transparant is gekozen, die het beste past bij het type stof, de bron en de weersomstandigheden van dat moment, dan kan worden afgelezen in welk gebied de interventiewaarden worden overschreden.

Tegenwoordig is dit soort gasmallen uiteraard in gecomputeriseerde vorm beschikbaar, en komt het resultaat (nog steeds in de vorm van topografische ondergrond en concentratiecontouren) op een beeldscherm te staan. Geavanceerder modellen maken het ook mogelijk plassen of uitstroomcondities in te voeren, zodat geen schatting nodig is van de bronterm. Een van de in Nederland gebruikte computerprogramma's is EFFECTS. In het algemeen geldt dat meer gegevens nodig zijn naarmate het programma geavanceerder is. Een probleem is dat de benodigde gegevens vaak onzeker zijn, dat ze tijdens het ongeval niet tijdig beschikbaar zijn, of zelfs principieel niet in een Gaussisch model verwerkt kunnen worden.

---

#### 4.1.2 *Typen onzekerheden*

Kenmerkend voor calamiteiten met gevaarlijke stoffen is dat gewerkt moet worden in een situatie met allerlei onzekerheden.

##### Onzekerheden over de bron

Vaak is (direct) na een calamiteit niet bekend welke stoffen zijn vrijgekomen. Zo is bij brand in opslagbedrijven vaak niet direct bekend welke stoffen daar lagen.

---

Gebrek aan kennis over de aanwezigheid van bepaalde stoffen is één factor die tot onzekerheid leidt. Daarnaast leveren ook de condities waaronder stoffen vrijkomen vaak grote onzekerheden op. Zo kan onduidelijk zijn wat bij het ontsnappen van gas uit een tank de druk in het vat is, hoe groot het gat in de tank is en in welk tempo de stof vrijkomt. De inschatting hoe lang de stof blijft vrijkomen uit de bron is juist van groot belang om na te gaan of de niveaus van interventiewaarden bereikt zullen worden.

### Onzekerheid in de modellen

Zoals ieder model kent ook het Gaussische pluimmodel, waarvan het in ons land gebruikte Gasmal en EFFECTS voorbeelden zijn, de nodige onzekerheden in de uitkomsten. Die hangen samen met de gekozen waarden van de parameters. De commissie gaat hier niet nader op in, omdat er andere bronnen van onzekerheden zijn die de nauwkeurigheid van de uitkomst veel ingrijpender beïnvloeden. Hieronder worden deze onzekerheden besproken. Voor een bespreking van de onzekerheden in de waarden voor de parameters en in de uitkomsten van Gaussische pluimmodellen wordt verwezen naar onder anderen Middleton et al. en Beychok.<sup>7,8</sup> Een ander voorbehoud is dat de modellen bedoeld zijn voor vluchtige vloeistoffen en gassen. Stofdeeltjes die bij branden vrijkomen zullen een ander verspreidingsgedrag vertonen.

### Onzekerheden over de omstandigheden

De belangrijkste onzekerheid in een berekening van de verspreiding van een gaswolk is de stabiliteit van de atmosfeer. Atmosferische omstandigheden verschillen niet alleen van gebied tot gebied, maar ook van luchtdruk tot luchtdruk. Daarbij kan sprake zijn van een complex temperatuurverloop, met als gevolg dat een gaswolk gemakkelijker of moeilijker stijgt.

Als de atmosfeer zeer stabiel is, of als er een inversielaag aanwezig is, kan stijging zelfs geheel worden belemmerd. Ook op grote afstand van de bron is het gas dan nog nauwelijks verdund, en zijn er aan de grond dus hoge concentraties te verwachten. Is er daarentegen een onstabiele opbouw of is er in ruw terrein veel turbulentie, dan verloopt de verdunning veel sneller.

Voor een concentratieberekening is dus in elk geval een indicatie nodig van stabiliteit, de zogenoemde Pasquill-weerklasse. Deze kan ter plaatse worden geschat, door onder meer te kijken naar de wolkbedekking en windsnelheid, al levert dat tal van praktische en theoretische moeilijkheden op. Verder is het van belang om inzicht te hebben in de ruwheid van het gebied, de aanwezigheid en

---

hoogte van een inversie, de temperatuur van de gaswolk, en de eventuele vermenging met andere stoffen aan de bron. Maar niet alle relevante omstandigheden kunnen altijd ingevoerd worden in de Gaussische modellen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de dichtheid van het gas en de aanwezigheid van hoogbouw.

### Onzekerheden bij de modellering

Behalve de praktische problemen om alle benodigde gegevens met voldoende nauwkeurigheid te verkrijgen, zijn er ook modeltheoretische beperkingen. Zowel Gasmal als EFFECTS zijn zogeheten 'vrije veld'-modellen. Bij grote onbebouwde oppervlaktes (land of water) geven dergelijke modellen het verspreidingspatroon redelijk goed weer.

De huidige rekenpakketten kunnen echter niet overweg met situaties waarin sprake is van meer dan één kenmerkende factor in het landschap. En dat is geen onwaarschijnlijke omstandigheid in Nederland. Denk bijvoorbeeld aan een gaswolk die bij zuidwestenwind de Nieuwe Waterweg oversteeft, om pas in een stedelijk gebied verder te verdunnen. Ook voor voorspellingen in een complexe bebouwde situatie zijn de modellen niet geschikt. Daarnaast werkt het model met statistische gemiddelden voor de verdunning van de stof, waardoor concentraties bijvoorbeeld berekend worden als een gemiddelde over 10 minuten. De werkelijke concentraties op een bepaalde plek kunnen echter véél hoger zijn dan het model voorspelt.

De gebruikte indeling in stabiliteitsklassen (Pasquill-klassen) is bovendien vrij grof. Een verkeerde invoer van een klasse heeft dan ook grote gevolgen voor de uitkomsten van het model. Bovendien is het typeren van de atmosferische stabiliteit aan de hand van aparte weerklassen verouderd. Moderne programma's beschrijven de opbouw met één continue variabele. Deze zogenoemde Monin-Obukov-lengte wordt bijvoorbeeld sinds 1998 gebruikt in het Nationaal Model Lucht.

---

## 4.2 Meetmethoden en hun onzekerheden

Voor een goede inschatting van de verspreiding van een gas zijn modellen onmisbaar. Maar ook ter plekke meten is noodzakelijk. Daarvoor zijn verschillende methoden beschikbaar. Zo kan de brandweer metingen verrichten met een explosiegevaarmeter voor brandbare, explosieve gassen en dampen, en met een gasindicatorbuisje voor een groep toxische stoffen.\* Het gaat weliswaar om metingen op één tijdstip en meestal op slechts enkele plaatsen, maar die maken het wel mogelijk om na te gaan of een stof een bepaald gebied al bereikt heeft.

---

Over de precieze concentraties geven de metingen echter minder betrouwbare informatie.

### Explosiegevaarmeter

Nadeel van de explosiegevaarmeter is dat de metingen bij een lage zuurstofspanning (minder dan 15%) onbetrouwbaar zijn. In dat geval geeft de meter een lagere concentratie explosief gas of damp aan dan er in werkelijkheid aanwezig is. Verder kan het resultaat vertekend worden doordat bijtende of sterk oxide-rende gassen, zoals ammoniak of aerosolen van brandbare vloeistoffen het meetelement van de explosiegevaarmeter beschadigen. Ook dat leidt tot onbetrouwbare meetresultaten.

### Gasindicatorbuisje

Een aantal toxische stoffen kan worden bepaald met zogenoemde gasindicatorbuisjes. Het meetprincipe van deze buisjes berust op een chemische reactie van het gas in kwestie met een reagens dat zich in het meetbuisje bevindt. De lengte of aard van de verkleuring is een maat voor de concentratie van de stof.

De indicatorbuisjes zijn over het algemeen weinig stofsamenstapend, maar geven wel een beeld van de aanwezigheid van een bepaalde groep van stoffen. Overigens betekent het uitblijven van een verkleuring niet dat er geen andere gevaarlijke stoffen in de lucht aanwezig zijn. Voor veel stoffen zijn namelijk geen meetbuisjes beschikbaar. Daarnaast kunnen de buisjes een vals negatief resultaat geven door ongunstige meetomstandigheden, zoals een te hoge of te lage temperatuur, of een te hoge luchtvochtigheid.

Metingen met gasbuisjes bieden dus maar zeer beperkt soelaas om na te gaan of interventiewaarden in een bepaald gebied worden overschreden. Metingen zijn immers puntschattingen in tijd en plaats. Daarnaast kunnen overschrijdingen maar beperkt worden vastgesteld, omdat de indicatorbuisjes specifiek zijn en de monsters snel genomen worden, terwijl interventiewaarden zijn afgeleid op basis van blootstelling gedurende een uur.

---

\* Behalve dat de brandweer metingen kan verrichten, kan er in Nederland ook een beroep gedaan worden op de meetploeg van de Milieu Ongevallen Dienst (MOD) (onderdeel van het RIVM), die beschikt over meer geavanceerde monsternamen- en analysemogelijkheden.

---

Als bekend is om welke stof het gaat, is het gebruik van de indicatorbuisjes wel weer bruikbaar om te bepalen of deze stof op een bepaalde plek gearriveerd is.

---

#### **4.3 Conclusie**

De commissie vindt de verspreidingsmodellen bruikbaar voor een zeer ruwe eerste schatting van het gebied dat een gaswolk zal bestrijken. Zij benadrukt echter dat gebruikers van het model zich terdege bewust moeten zijn van de grote onzekerheden in de uitkomsten. Daardoor kunnen de concentraties en het pad dat de wolk met gevaarlijke stoffen volgt anders zijn dan verwacht.

Het voordeel van modelleren is dat geschat kan worden wat de concentraties in een bepaald gebied gaan worden. Metingen zijn vooral belangrijk voor een evaluatie van de ramp omdat ze een beeld geven van de daadwerkelijke concentraties op een bepaald moment, op een specifieke plek.

---

## Beslissen op gezondheidskundige gronden

---

Zijn er interventiewaarden, en met name alarmeringsgrenswaarden, vastgesteld, en is tijdens een incident een eerste inschatting gemaakt van de concentraties van stoffen in de lucht, dan kan op grond daarvan bepaald worden of ingrijpen gerechtvaardigd is om de gezondheid van de bevolking zo goed mogelijk te beschermen. Maar welke vorm van ingrijpen is het beste, en bij overschrijding van welke interventiewaarden wordt die ingezet? Om daarover te beslissen is kennis nodig over de gezondheidskundige effectiviteit van de verschillende opties. Dat onderwerp staat centraal in dit hoofdstuk.

---

### 5.1 Schuilen of evacueren

#### Mogelijke maatregelen

Maatregelen bij de rampenbestrijding zijn gericht op het verminderen van de gezondheidsrisico's. Dat kan op verschillende manieren\*:

\*

Definities:

Schuilen: de sirene treedt in werking, de bevolking wordt geadviseerd naar binnen te gaan, ramen en deuren te sluiten en te luisteren naar de regionale rampenzender (radio of TV).

Ontruiming: de bevolking voor een korte tijd, op advies van de parate diensten (vaak brandweer of politie), hun verblijfplaats laten verlaten.

Evacuatie: op last van de overheid (al dan niet gedwongen en meestal onder begeleiding) verplaatsen van groepen personen en/of dieren.

---

- verstrekken van informatie
- de bevolking adviseren om binnenshuis te schuilen
- de bevolking evacueren of delen van het gebied ontruimen
- afzetten van het onveilige gebied voor het publiek.

Maar welke maatregelen passen bij welke interventiewaarden? Zo snel mogelijk na de aanvang van de ramp schatten hulpdiensten op basis van de beschikbare verspreidingsmodellen het gebied in waarin de interventiewaarden (voorlichtingsrichtwaarde, alarmeringsgrenswaarde en levensbedreigende waarde) worden overschreden. Dan kan het beslisproces beginnen.

### Beslisproces

Bij een overschrijding van de voorlichtingsrichtwaarde moeten de omwonenden geïnformeerd worden. Als de concentraties van een gevaarlijke stof in de lucht hoger zullen zijn, dus de alarmeringsgrenswaarde of de levensbedreigende waarde overschrijden, moeten verdere maatregelen genomen worden. Daarvoor is een landelijk protocol opgesteld, met schema's die als leidraad kunnen dienen.<sup>9</sup>

Uitgangspunt in het protocol is dat bij overschrijding van de alarmeringsgrenswaarde maatregelen genomen moeten worden om de bevolking te beschermen: schuilen, ontruimen of evacueren\*. Ook kan ervoor gekozen worden om het onveilige gebied af te zetten voor het publiek. In het rapport *Handreiking voor de afleiding van de interventiewaarden voor rampenbestrijding* wordt er echter op gewezen dat het overschrijden van een alarmeringsgrenswaarde niet automatisch gekoppeld moet zijn aan een bepaalde maatregel. Dit is slechts één van de factoren die gewogen moeten worden. Zo kan ook informatie over gezondheidseffecten vlakbij de bron, zoals hoesten, tranende ogen of ernstiger klachten, belangrijk zijn voor de besluitvorming.

Enkele uren later kan de risicoschatting verder worden verfijnd, als nieuwe informatie bekend wordt, zoals de uitkomsten van metingen of een geactualiseerde berekening van de blootstelling. Informatie over de te verwachten concentratie (zowel binnen als buiten), in combinatie met de verwachte blootstellingsduur, is van groot belang om voor een bepaalde maatregel te kiezen.

Ook in deze fase is het belangrijk om te weten of en welke mate daadwerkelijk gezondheidseffecten optreden. Die informatie kan ingebracht worden vanuit

---

\* De levensbedreigende waarde heeft geen specifieke plaats in het beslissingsproces.

de verschillende hulpverleningsdiensten ter plaatse zoals bijvoorbeeld ambulancediensten of ziekenhuizen.

Verder spelen de verwachte blootstellingsduur, het explosiegevaar of de samenstelling van de bevolking (denk aan de aanwezigheid van gevoelige groepen in het gebied) een rol. Locatiespecifieke kennis en de inbreng van deskundigen zijn hiervoor noodzakelijk.

### Kiezen uit twee opties

In dit hele proces is de belangrijkste beslissing of schuilen of evacueren aangegeven is. In de onmiddellijke nabijheid van de ongevalplaats wordt vaak de beslissing genomen om te ontruimen. Dat gebeurt door gemandateerde of gedelegeerde hulpverleningsdiensten ter plekke. Verspreidt het gas zich, dan gaat het om veel grotere groepen personen, in een groter gebied. De beslissing om in dat geval te schuilen of te evacueren vergt besluitvorming door het bevoegd gezag, met de burgemeester als eindverantwoordelijke. Hulpverleningsdiensten brengen hun adviezen uit. Met schuilen binnenshuis wordt hier overigens niet alleen schuilen in een woonhuis bedoeld. Het kan ook gaan om winkels, kantoren of scholen.

Om te kunnen beslissen over schuilen of evacueren moet bekend zijn aan welke concentratie van stoffen mensen in beide gevallen zullen blootstaan. Vervolgens moet duidelijk zijn in hoeverre de meest gunstige, dus laagste en kortduurende, blootstelling ook resulteert in minder gezondheidsschade. Een onontkoombaar probleem daarbij is dat de keuze voor een bepaalde maatregel direct na een incident gebaseerd zal zijn op beperkte informatie.

Evacueren zal in het algemeen maar onder een beperkt aantal condities een zinvolle optie zijn. Deze maatregel is vooral te overwegen in het gebied waar de wolk nog niet is aangekomen. In de meeste situaties betekent dat dat er maar zeer weinig tijd is. Een gifwolk legt bij een matige wind immers al meer dan tien kilometer per uur af, terwijl ervaringen met evacuaties in het buitenland laten zien dat de uitvoering minimaal een aantal uren kost.<sup>10</sup> Maar ook de besluitvorming zelf kost tijd.

Vaak is er al op het moment van besluitvorming al sprake van verhoogde concentraties in een zich uitbreidend gebied. Dan is er nog maar weinig ruimte om te besluiten tot evacuatie. Mensen zouden immers door de gaswolk heen in veiligheid gebracht moeten worden. Dat betekent dat een afweging gemaakt moet worden tussen de hoeveelheid gas waaraan mensen worden blootgesteld als ze blijven schuilen (de dosis gedurende de schuiltijd) en de blootstelling tijdens een evacuatie (de dosis gedurende de evacuatie-tijd).

---

Als zowel schuilen als evacueren kunnen leiden tot een hoge blootstelling, dan zal geprobeerd worden in te schatten welke maatregel uiteindelijk het kleinste aantal slachtoffers geeft en wat de verwachte ernst is van de klachten. Bij die inschatting kan ook de levensbedreigende waarde een rol vervullen. Verder is het steeds de alarmeringsgrenswaarde die als leidraad geldt bij de beslissing om te schuilen of te evacueren.

---

## **5.2 Effect op de blootstelling**

Welke effect heeft de beslissing om te schuilen of te evacueren op de gezondheidsschade die zal ontstaan door een incident met gevaarlijke stoffen die vrijkomen in de lucht? De eerste stap is uiteraard om vast te stellen welke maatregel ervoor zorgt dat de blootstelling het meest beperkt blijft.

---

### **5.2.1 Blootstelling tijdens schuilen**

In twee rapporten van het ministerie van VROM is uitgebreid beschreven in welke mate binnenshuis schuilen bescherming biedt tegen blootstelling aan toxische stoffen die vrijkomen bij rampen. De commissie bespreekt in het kort de conclusies uit deze rapporten.<sup>11,12</sup> Vervolgens gaat zij in op de relatie tussen de verminderde blootstelling door schuilen en de gezondheidskundige effecten. In veel gevallen is die relatie namelijk niet lineair.

Welke factoren zijn van invloed op de blootstelling tijdens schuilen binnenshuis? Het gaat daarbij om een samenspel van de concentratie van de stof buitenshuis, de passagetijd van de gifwolk, de ventilatiesnelheid en de mate waarin de stof zich bindt aan materialen binnenshuis (adsorptie).

Een belangrijke variabele in dit rijtje is de mate van ventilatie. Ventilatie in een gebouw (of woning) ontstaat wanneer door natuurlijke krachten (wind en temperatuurverschillen) en mechanische krachten (ventilatoren) lucht wordt uitgewisseld tussen binnen en buiten, via openingen in het gebouw. Schuilen is alleen effectief om de blootstelling zo laag mogelijk te houden als de ventilatie beperkt is of wordt.

Er bestaan grote verschillen in de wijze en mate waarin binnenlucht door buitenlucht ververst wordt voor verschillende typen woningen en gebouwen. De ventilatiesnelheid is daarbij bepalend voor de mate waarin en de snelheid waarmee de concentratie binnenshuis oploopt, en de bescherming dus afneemt. Bij een ventilatiesnelheid van 4 per uur (waarbij de lucht in een gebouw gemiddeld

---

vier maal per uur wordt ververs), is de concentratie binnenshuis na een kwartier al meer dan de helft van de concentratie buitenshuis. Deze mate van luchtverversing komt bijvoorbeeld voor in kantoren, door mechanische ventilatie. De ventilatiesnelheid in winkels en restaurants ligt zelfs nog twee- of driemaal hoger. Ook moderne, goed geïsoleerde, woningen zijn uitgerust met mechanische ventilatie om te zorgen voor voldoende luchtverversing.

Wil schuilen effectief zijn om de blootstelling te verlagen, dan moet dat soort mechanische ventilatie dus worden uitgezet. Daarnaast moeten ramen en deuren dicht zijn en moeten ook ventilatiekanalen worden gesloten. Bij een onderzoek naar de effectiviteit van schuilen voor toxische wolken bleek dat, bij bepaalde maatregelen en condities, de tijd waarin de blootstelling binnenshuis aanmerkelijk lager is dan buitenshuis kan worden verlengd tot vele uren.<sup>12</sup>

Bij oudere woningen ontbreekt in het algemeen mechanische ventilatie, omdat een vergelijkbare ventilatiesnelheid door kieren, gevelopeningen en (rook- en lucht)kanalen plaatsvindt. Om bij dit soort huizen de ventilatiesnelheid te verminderen is het noodzakelijk om bijvoorbeeld kieren dicht te pakken. Deze maatregelen moeten voltooid zijn op het moment dat de toxische wolk arriveert. Daarna loopt bij de normale ventilatiesnelheid de concentratie immers zó snel op, dat de waarde waartegen bescherming wordt gezocht al grotendeels of geheel bereikt is.

Schuilen biedt op zich dus mogelijkheden om, zeker bij een kortstondig vrijkomen van gevaarlijke stoffen, de blootstelling te beperken. Als in de woningen of gebouwen ook nog ventilatiekanalen worden gesloten, wordt het verschil tussen de blootstelling binnen en die in de buitenlucht nog groter. Vooral in moderne woningen en gebouwen waarvan de mechanische ventilatie is uitgeschakeld is een substantiële verlaging van de blootstelling mogelijk, in vergelijking met de concentratie buitenshuis. De vraag is echter of die aanvullende maatregel ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd. Hij is alleen uitvoerbaar als mensen van tevoren duidelijke instructies krijgen.

Daarnaast blijkt dat schuilen ook effectief is bij blootstelling aan roet en aerosolen, namelijk door de adsorptie van die stoffen aan de in een woning of gebouw aanwezige materialen, waardoor de dichtheid in de lucht afneemt.

---

### 5.2.2 *Blootstelling tijdens evacueren*

Hoe zit het met de blootstelling aan een gevaarlijke stof tijdens een evacuatie? Als de gifwolk al is gearriveerd (en dat zal vaak het geval zijn, want beslissen over evacueren en evacueren zelf kosten tijd), dan zullen mensen tijdens de verplaatsing blootstaan aan de vrijgekomen stof.

---

Sommige eigenschappen van de stof in kwestie kunnen daarbij voor vertraging zorgen in de evacuatie, zodat de blootstelling nog verder oploopt. Zo kunnen gevaarlijke stoffen van invloed zijn op het beoordelingsvermogen. Dit geldt bijvoorbeeld voor koolmonoxide (CO). Bij blootstelling aan deze stof zullen mensen steeds minder goed in staat zijn om aanwijzingen op te volgen of te vluchten. Dat is een voorbijgaand effect, maar wel een dat de evacuatie kan bemoeilijken, en daarmee de blootstelling kan verhogen.

Andere gevaarlijke stoffen, zoals mercaptoverbindingen, veroorzaken al bij de voorlichtingsrichtwaarde erge stank. De stank kan zo erg zijn dat mensen er misselijk van worden en daardoor niet meer in staat zijn aanwijzingen op te volgen. Bij een ontruiming/evacuatie kan ook rook een belangrijke factor zijn die meespeelt in de snelheid en effectiviteit van de ontruiming/evacuatie. Hevige rookontwikkeling beperkt het zicht om te vluchten. Ook dat kan betekenen dat mensen het gebied niet snel genoeg verlaten en meer van de gevaarlijke stoffen inademen.

Verder zal de stress en fysieke activiteit van een evacuatie ertoe leiden dat mensen sneller gaan ademen dan in rust. Hun ademminuutvolume stijgt, waardoor ze meer van de gevaarlijke stof inhaleren. Al deze factoren kunnen de snelheid en effectiviteit van de ontruiming/evacuatie sterk beïnvloeden, met als gevolg een hogere blootstelling. Dit geldt niet alleen voor de bevolking, maar ook voor hulpverleners.

---

### 5.2.3 Conclusie

Hoewel niet over alle aspecten even veel bekend is, wordt in het algemeen aangenomen dat schuilen meestal de beste optie is, tenzij overduidelijk is dat schuilen niet voldoende bescherming biedt. De reden hiervoor is dat schuilen een aanmerkelijke verlaging van de blootstelling kan geven ten opzichte van buiten, vooral in het eerste uur van de blootstelling, zonder dat er veel andere nadelige gezondheidseffecten optreden die deze winst weer tenietdoen.

Een goede inschatting van de blootstelling tijdens schuilen in het getroffen gebied vereist inzicht in het type huizen en gebouwen dat daar voorkomt, en de daarbij behorende ventilatiesnelheden. Dergelijke informatie zou vooraf beschikbaar moeten zijn, met name in gebieden waar extra risico bestaat dat calamiteiten met gevaarlijke stoffen zich voordoen.

---

## 5.3 Effect op de gezondheid

---

### 5.3.1 Voor- en nadelen van schuilen

Schuilen vermindert de blootstelling aan gevaarlijke stoffen gedurende een beperkte tijd. Dat effect is nog sterker als de ventilatie beperkt kan worden. Maar hoe vertaalt die verlaagde blootstelling zich in effecten op de gezondheid? Een aantal factoren speelt daarin een rol.

Ten eerste heeft de reductie van de concentratie binnenshuis voor veel stoffen een meer dan evenredige reductie van de gezondheidseffecten tot gevolg. Dit komt door het exponentiële karakter van de relatie tussen blootstellingsduur en effect bij stoffen waaraan in de berekening van interventiewaarden een waarde voor  $n$  is toegekend die groter is dan 1. Dat geldt voor veel stoffen. Bij een waarde van 2 betekent een halvering van de blootstelling ten opzichte van buiten dat de effecten een factor 4 lager liggen dan de effecten die buitenshuis zijn te verwachten. Bij een waarde van 3 zal een halvering van de blootstelling zelfs leiden tot een acht maal kleiner effect binnen in vergelijking met buiten. Heeft een stof een hoge waarde voor  $n$ , dan betekent dit dus dat schuilen een zeer effectieve maatregel zal zijn, in ieder geval bij een korte emissie.

Ten tweede is er het punt van de duur van de blootstelling. Als een gifwolk lang blijft hangen, zal de concentratie binnenshuis op den duur die van buitenshuis gaan benaderen. De gezondheidkundige voordelen van schuilen zijn dan verdwenen. Afhankelijk van de infiltratiesnelheid en de verblijfsruimte binnenshuis zal de concentratie binnen na drie tot tien uur de concentratie buiten benaderen. Ook als stoffen erg stinken is dat een punt van overweging om toch te evacueren. Hierover beslissen is echter zeer moeilijk als niet valt in te schatten hoe lang de blootstelling nog zal duren, maar alleen bekend is dat de concentraties binnenshuis te hoog zullen worden als het inderdaad lang gaat duren.

Ten derde is het de vraag of schuilen op zichzelf weer nadelige gezondheidseffecten kan hebben, die het middel erger maken dan de kwaal. Over eventuele nadelige gezondheidseffecten van schuilen is niet veel gedocumenteerd. Bij de beslissing tot schuilen zullen mensen met acute gezondheidsproblemen niet geholpen kunnen worden. Wel kunnen zij worden gered door de brandweer.

---

### 5.3.2 Voor- en nadelen van evacueren

Bij evacueren zijn er, net als bij schuilen, behalve de blootstelling ook nog andere aspecten waarmee rekening gehouden moet worden, om een inschatting

---

te maken van het totale effect voor de gezondheid. Ook hier moeten de voor- en nadelen van de maatregel dus gewogen worden. Een evacuatie kan, los van de blootstelling aan de stof die kan optreden bij het verlaten van het gebied, tot twee soorten gezondheidsproblemen leiden.

Ten eerste zijn er de fysieke effecten tijdens de evacuatie. Daaronder vallen bijvoorbeeld verwondingen door ongevallen. Evacuaties gaan vaak gepaard met valpartijen en botsingen in het verkeer. Maar fysieke effecten kunnen ook optreden door de stress of inspanning die gepaard gaan met evacuatie. Voor mensen met bijvoorbeeld hartklachten kunnen die een belasting vormen.

Ten tweede zijn er directe of indirecte mentale effecten. Deze gezondheidsproblemen worden veroorzaakt doordat mensen hun woning moeten verlaten, maar ook door mogelijke beschadiging van de woning tijdens hun afwezigheid of door verlies van waardevolle spullen. In een recent onderzoek van een incident in Engeland is gekeken naar de gezondheidseffecten bij het deel van de bevolking dat was geëvacueerd en het deel dat binnenshuis schuilde. Het ging om een brand in een fabriek waar plastic geproduceerd werd, waarbij gedurende 48 uur blootstelling in de omgeving plaatsvond. Er werden meer nadelige effecten gevonden bij de mensen die binnen 6 uur evacueerden dan bij de mensen die gedurende de gehele periode van 48 uur schuilden in hun huizen.<sup>13</sup>

---

#### **5.4 Blootstelling en gezondheidseffect bij hulpverleners**

Niet alleen de bevolking, ook de hulpverleners lopen risico door blootstelling aan stoffen. Alleen de brandweer beschikt over voldoende persoonlijke beschermingsmiddelen om de blootstelling te minimaliseren. In principe zullen hulpverleners zonder adequate beschermingsmiddelen zich net buiten het gevaarlijke gebied ophouden, dus buiten de afzetting die eventueel wordt aangebracht.

Om de toelaatbaarheid van de blootstelling van hulpverleners te bepalen gebruikte de Arbeidsinspectie voorheen MAC-waarden\*. Deze normen zijn van toepassing voor beroepsmatige blootstelling aan gevaarlijke stoffen. Bij de afleiding van MAC-waarden doen zich twee situaties voor, afhankelijk van de aard van een stof. De eerste mogelijkheid is dat de veiligheid van werknemers gegarandeerd wordt, namelijk door een blootstelling te bepalen waaronder zij geen enkel risico lopen. De andere mogelijkheid is dat de waarden een niveau van blootstelling aangeven waar een gezondheidsrisico aan vastzit dat maatschappelijk acceptabel wordt geacht.

---

\* Sinds januari 2007 zijn deze waarden niet meer geldig. In plaats van deze waarden worden zogeheten grenswaarden vastgesteld, die volgens een andere methodiek zijn afgeleid.

Het niveau van de MAC-waarde wordt altijd zo gekozen dat werknemers bij blootstelling gedurende 40 jaar, 48 weken per jaar, vijf dagen per week en acht uur per dag geen risico lopen of alleen het aanvaarde risico. Daarnaast zijn er voor enkele stoffen waarden vastgesteld die gelden bij een kortdurende (maar frequent voorkomende) blootstelling gedurende 15 minuten. Toegepast op de situatie van hulpverleners tijdens calamiteiten ontstaat nu het volgende probleem. De alarmeringsgrenswaarde is gemiddeld een factor 50 hoger dan de MAC-waarde voor acht uur. De alarmeringsgrenswaarde is ook hoger dan de MAC-waarde voor 15 minuten (al is die waarde niet voor veel stoffen beschikbaar). Dat is op zich niet verwonderlijk. De alarmeringsgrenswaarde is immers vastgesteld op een niveau waar ernstige effecten kunnen optreden, terwijl de MAC-waarde juist bescherming moet bieden tegen zulke effecten. Hierdoor kan het echter wel gebeuren dat al buiten het afgezette gebied de MAC-waarde voor hulpverleners wordt overschreden, terwijl de bevolking daar wel aanwezig mag zijn.

---

## 5.5 Conclusie

In het eerste half uur na een ramp kan met ontruimen een kleine groep mensen worden weggehaald uit het gebied vlakbij de bron waaruit gevaarlijke stoffen vrijkomen. Spontaan kan ook een deel van de mensen het grotere gebied zijn ontvlucht waarnaar de gifwolk zich kan verplaatsen of waar hij al is gearriveerd.

In het algemeen zou om puur gezondheidskundige redenen schuilen daar echter de voorkeur moeten hebben, enkele situaties uitgezonderd. Het centrale advies is dan ook: schuilen, tenzij. Een georganiseerde evacuatie vereist besluitvorming waarvoor tijd (enige uren) nodig is. Vaak is die tijd er niet, door de snelle verspreiding van een gifwolk.

Het besluit om toch te evacueren kan genomen worden uit noodzaak, omdat schuilen niet voldoende bescherming (meer) biedt. Dat is het geval als wordt geschat dat de blootstelling langdurig zal zijn en de concentraties binnenshuis veel gezondheidsschade tot gevolg zullen hebben.

Maar evacueren kan ook preventief gebeuren, namelijk als de wolk een bepaald gebied nog niet heeft bereikt, er een blootstelling wordt verwacht die tot gezondheidsschade kan leiden en er voldoende tijd is voor een evacuatie.

Verder kan er gekozen worden voor een combinatie van schuilen en evacueren: schuilen in het gebied waar de concentraties al te hoog zijn om nog te kunnen evacueren, evacueren in het gebied waar de concentraties nog niet hoog zijn, maar wel hoge concentraties worden verwacht.

Als voor schuilen is gekozen en de blootstelling blijkt toch lang te duren of de concentraties zijn veel hoger dan verwacht, dan heeft het weinig zin alsnog ventilatiekanalen te sluiten of (in oudere huizen) kieren dicht te plakken. Ook evacueren zal in dat geval niet meer mogelijk zijn, omdat de concentraties buitenshuis te hoog zijn om hulpverleners in te zetten en een groot aantal mensen te verplaatsen naar een veiliger gebied. Bovendien is in dat geval de communicatie met de mensen die schuilen heel lastig, wat een evacuatie verder zou bemoeilijken.

---

## Meewegen van andere factoren

---

In het vorige hoofdstuk zijn de gezondheidskundige effecten van twee maatregelen beoordeeld: schuilen of evacueren. Maar gezondheidskundige effecten, hoe belangrijk ook, zijn niet de enige factoren die tellen bij het nemen van een beslissing. In dit hoofdstuk komen de andere relevante overwegingen aan bod. Het gaat om het gedrag van de mensen in het rampgebied en de complexiteit voor de hulpverleners en bestuurders die tijdens een incident besluiten moeten nemen.

---

### 6.1 Gedrag van de bevolking bij incidenten

De voor- en nadelen van maatregelen kunnen niet goed worden afgewogen zonder daarbij psychologische factoren en het daaruit voortvloeiende gedrag in ogenschouw te nemen. Bij het publiek, maar ook bij hulpverleningsdiensten, bestaat vaak een bepaald beeld over wat mensen wel en niet doen in een crisissituatie. Maar klopt dat wel? Een adequate inschatting is van groot belang voor het nemen van effectieve maatregelen. Hieronder wordt een overzicht gegeven van wat uit de literatuur bekend is over gedrag in crisissituaties.<sup>14-17</sup>

#### Weinig paniek

De meest gangbare definitie van ‘paniek’ is: een irrationeel, ongegronde of hysterische vlucht waarbij totaal geen rekening wordt gehouden met anderen. Het beeld bestaat dat dit soort gedrag tijdens rampen veelvuldig voorkomt.

---

Uit verschillende onderzoeken komt naar voren dat tijdens het type ramp waar het hier over gaat bijna nooit paniek ontstaat. Zo blijkt uit een analyse van 500 rampen in de Verenigde Staten dat echte paniek nauwelijks van praktisch of operationeel belang was.<sup>14</sup> Verder laten studies over branden zien dat mensen vaak anders reageren dan verondersteld. Over de ontruiming van het World Trade Center in februari 1993 is bijvoorbeeld bekend dat mensen een groot gedeelte van de beschikbare evacuatie tijd bleven wachten bij de overvolle trappen. Naast onvolkomenheden in de constructie van de vluchtwegen, zoals ontbrekende trapleuningen, ontstond de opstopping door reddingswerkers die de trappen op wilden. Ook mensen die minder mobiel waren zorgden voor stagnatie.

Mensen kunnen wel massaal op de vlucht slaan bij een gevaarlijke situatie, maar dat is in veel situaties verstandig gedrag. Zo houdt rook mensen niet tegen: als zij het idee hebben dat dat de enige manier is om te overleven, dan gaan zij daar doorheen. Bij een bijzondere combinatie van factoren kan paniek ontstaan.<sup>14</sup>

- het slachtoffer ervaart een directe bedreiging of opsluiting in een beperkte ruimte
- de mogelijkheid tot vluchten lijkt snel te verdwijnen
- vluchten lijkt de enige mogelijkheid om te overleven
- niemand lijkt beschikbaar om te helpen.

Het is ook een misvatting dat paniek ‘besmettelijk’ is. Uit analyses van rampen is dat nooit gebleken.

Misvattingen over het gedrag van mensen kunnen leiden tot terughoudendheid bij het geven van waarschuwingen of het nemen van maatregelen. In situaties waarin een snelle evacuatie van levensbelang is, is dat fataal.

### Bepaalde hoeveelheid mensen in psychische shock

Een andere misvatting is dat mensen tijdens een ramp in een shocktoestand raken, waarin zij niet meer voor zichzelf of anderen kunnen zorgen. Bij hulpverleningsdiensten kan het beeld ontstaan dat mensen ‘als kinderen’ begeleid en geholpen moeten worden.

Een dergelijke shocktoestand wordt vooral gezien bij zeer plotselinge, overweldigende rampen. En zelfs dan is deze bewustzijnstoestand gewoonlijk van korte duur, en treft hij maar een klein deel van de getroffen. In de praktijk blijkt dat mensen tijdens een ramp juist initiatief nemen en anderen helpen.

Zo gebeurt het merendeel van de *search and rescue* na een ramp door familie, buren, vrienden en volslagen vreemden die toevallig op de plaats van de ramp zijn. Zijn er niet voldoende ambulances aanwezig, dan gebeurt een groot deel van het transport van slachtoffers naar ziekenhuizen door de bevolking zelf. Het gevolg daarvan is vaak wel dat het dichtstbijzijnde ziekenhuis overspoeld wordt met slachtoffers, maar het geeft aan hoezeer mensen in staat zijn tot handelen. In het algemeen is sociaal gedrag en altruïsme de norm tijdens en direct na een ramp.

### Weinig plundering

Een andere misvatting is dat bij rampen op grote schaal geplunderd wordt. Plunderen komt echter bijna nooit voor na rampen. Als plunderingen al voorkomen, dan gebeurt dat bijna altijd door mensen van buiten het getroffen gebied.

Voor bestuurders en hulpverleners is het belangrijk om te weten dat plundering doorgaans niet grootscheeps voorkomt. Zij kunnen die informatie doorgeven als mensen hun huis en bezittingen niet willen verlaten. Ook is het belangrijk voor hun eigen inschatting van de kosten en baten van een maatregel.

### Zelf op onderzoek uit

Overheid en hulpdiensten gaan er in hun overwegingen vaak van uit dat mensen bepaalde instructies zullen opvolgen. Dat is echter lang niet altijd het geval. Bij het afgaan van de sirene blijven ze bijvoorbeeld niet binnen, maar gaan ze op het balkon staan om te kijken wat er aan de hand is.

Groner stelt dat mensen een situatie eerst goed willen beoordelen, voordat ze reageren.<sup>18</sup> Ook zoeken ze bevestiging van ingrijpende berichten. Dat doen ze door via familie, kennissen, buren, de media en op allerlei andere manieren informatie te verzamelen. Vaak gaan ze zelf buiten kijken. Ook houden ze goed in de gaten hoe anderen reageren. Gedrag bij rampen is vooral een sociaal fenomeen.

Bij een calamiteit met een gevaarlijke stof betekent dit dat mensen in eerste instantie wachten op duidelijk herkenbare signalen als stank, of op een hulpverleningsinstantie die hen aanspoort maatregelen te nemen. Na een waarschuwing door de overheid of de media zullen ze vervolgens bij anderen nagaan hoe zij het gevaar zien, voordat ze de instructies opvolgen.

Door al deze factoren hebben niet-specifieke waarschuwingen zoals sirenes niet het beoogde effect. Willen overheid en hulpdiensten voorkomen dat mensen zelf op onderzoek uitgaan, en daarbij blootgesteld worden aan de vrijgekomen stof, dan is meer informatie nodig. Alleen laten weten dat er een dreiging is, is

---

niet genoeg. Een effectieve waarschuwing geeft in heldere bewoordingen: een beschrijving van de oorzaak en de situatie, de omvang van het getroffen gebied, mogelijke gezondheidsgevolgen, de maatregelen die de overheid heeft genomen en de maatregelen die mensen zelf kunnen nemen.

### Scepsis over schuilen

Ook kennis over de bereidheid om te schuilen of te evacueren is van belang om een goede maatregel te kunnen nemen. In het algemeen zijn mensen vrij sceptisch over schuilen. Bij evacuaties lijkt de bereidheid groter te zijn, maar ook hierbij zal er geen respons van honderd procent zijn.

Een evacuatie wordt vaak aangekondigd. Het oproepen om te schuilen gebeurt bijna altijd zonder aankondiging, in een bedreigd gebied, nadat een incident is geconstateerd waarbij giftige stoffen zijn verspreid. Voordat mensen beginnen met schuilen is er vaak al blootstelling geweest en zijn giftige stoffen al in de woning binnengedrongen. Het duurt zeker tien minuten voordat alle mensen naar binnen zijn gegaan en deuren en ramen hebben gesloten. Het verder beperken van de ventilatie (kieren afplakken en afzetten mechanische ventilatie) duurt volgens een beperkte studie in de VS gemiddeld zo'n twintig minuten.<sup>19</sup>

Vooraf in situaties waar zowel schuilen als evacueren wordt aanbevolen, volgen veel mensen het advies om te schuilen niet op. Mensen zijn namelijk weinig vertrouwd met deze maatregel. Ook hebben ze mogelijk hun twijfels over de effectiviteit. Misschien is het verder psychologisch gezien meer voor de hand liggend om het rampgebied te ontvluchten.

---

## 6.2 Complicaties in de besluitvorming

Het gedrag van de mensen in het rampgebied is één aspect waarmee terdege rekening moet worden gehouden. Maar er zijn ook factoren aan de zijde van de beslissers die de effectiviteit van maatregelen kunnen beïnvloeden. Ze hebben te maken met een zeer complexe besluitvorming. Hieronder bespreekt de commissie de belangrijkste problemen waar beslissers mee te maken hebben.

### Omgaan met een veelheid aan afwegingen

Een eerste complicatie in de besluitvorming is dat er veel verschillende afwegingen gemaakt moeten worden. Praktische, logistieke en organisatorische overwegingen passeren de revue. Zijn er voldoende middelen beschikbaar? Is de maatregel uitvoerbaar, gezien de te verwachten omvang en duur van de actie?

---

Hoe goed is de communicatie tussen de verschillende hulpverleningsdiensten? Is de taakverdeling helder? Hoe is de infrastructuur van het rampgebied? Zijn er (groepen) mensen in het gebied aanwezig die speciale zorg behoeven: zieken- en verpleeghuizen, bejaarden, gehandicapten, gevangenen, kinderen? Hoe goed is het advies te communiceren naar de bevolking, hoeveel tijd kost het voordat mensen adviezen opvolgen, hoe groot is de bereidheid om te doen wat wordt gezegd? Verder moet rekening gehouden worden met het gedrag van mensen in het rampgebied. Ook economische afwegingen kunnen een rol spelen. Het afsluiten van een waterweg of hoofdverkeersader bijvoorbeeld kan tot grote economische schade leiden.

### Omgaan met onzekerheden

Over de meeste gegevens bestaat bovendien onzekerheid. Sommige onzekerheden zijn hanteerbaar gemaakt, namelijk als kans in een beslissingsscenario. Dit geldt bijvoorbeeld voor de inschatting dat het harder zal gaan waaien na een aantal uren. Andere onzekerheden zijn moeilijker voor de besluitvorming. Zullen de geplande maatregelen bij de bron er bijvoorbeeld toe leiden dat de emissie van stoffen na een paar uur inderdaad zal stoppen?

Ook kunnen onzekerheden over wat er met een maatregel te winnen valt het moeilijk maken om de onmiddellijke nadelen van die maatregel minder zwaar te laten wegen. Een nadeel op korte termijn leidt dan tot onvoldoende waardering voor een toekomstig voordeel. Zo kan een burger in het bedreigde gebied allerlei bezwaren hebben tegen schuilen, terwijl de eventuele voordelen, zoals het vermijden van aanzienlijke gezondheidsschade, minder tot de verbeelding spreken.

Dit principe speelt ook bij de besluitvormers. Zij zullen bijvoorbeeld een aardig beeld hebben van de negatieve gevolgen van een evacuatie, terwijl hun besluit alleen maar nadelen heeft teweeggebracht als de emissie van gevaarlijke stoffen aan de bron alsnog tijdig wordt gestopt. Onder dat soort omstandigheden is de wens om zekerheid te verkrijgen bijna onweerstaanbaar. Dat leidt er dan toe dat een beslissing steeds wordt uitgesteld, tot het te laat kan zijn om de meest wenselijke optie nog uit te voeren.

### Anticipatie op spijt achteraf

Maar de behoefte aan zekerheid kan beslissers ook aanzetten tot te ingrijpende of verkeerde maatregelen, namelijk als zij anticiperen op de spijt die ze achteraf kunnen voelen als ze die achterwege zouden laten en dat onverhoopt toch de ver-

---

keerde keuze bleek te zijn. De neiging ontstaat dan om het zekere voor het onzekere te nemen, waardoor er maatregelen worden genomen die zekerheid bieden, maar die niet in de juiste verhouding staan tot het risico dat burgers lopen. Het gevolg kan zijn dat besluiten worden genomen die juist tot meer gezondheidsschade leiden, of tot meer ontregeling dan nodig is.

In het algemeen is er consensus in de literatuur dat in de meeste gevallen schuilen de beste optie is. Zelfs in situaties waarin werd geëvacueerd bleek dat achteraf toch de beste optie. Door te anticiperen op spijt achteraf zouden besluitnemers echter toch kunnen kiezen voor evacuatie.

### Omgaan met tijdsdruk

Als een incident net heeft plaatsgevonden is er geen tijd voor een uitgebreide consultatie en is ook de gegevensbasis smal om beslissingen te nemen. Dit kan als gevolg hebben dat beslissers achter de gebeurtenissen aanlopen. Ook na verloop van tijd blijft vaak allerlei informatie ontbreken, zoals gegevens over de te verwachten blootstelling op specifieke plekken. Het is dus vrijwel onvermijdelijk dat situaties ontstaan waarbij mensen al aan het schuilen zijn als blijkt dat evacuatie toch beter was geweest of dat evacuatie inmiddels de aangewezen optie is geworden. Is al eerder een beslissing genomen over evacuatie, dan vergt het daarna nog veel tijd om de mensen en middelen in te zetten.

---

## 6.3 Conclusie

Een verkeerd beeld van het gedrag van de bevolking en de mogelijkheden van besluitvormers bij rampen kan leiden tot verkeerde besluitvorming. Mensen in een crisissituatie reageren vaak anders dan verwacht. Hulpdiensten en bestuurders moeten bij het nemen van beslissingen rekening houden met het gedrag dat mensen in het rampgebied daadwerkelijk zullen vertonen. Alleen als zij dat adequaat weten in te schatten kunnen zij ook bepalen of maatregelen effectief zijn om gezondheidsschade te beperken. Instructies die om gezondheidsredenen worden gegeven, maar die om psychische of sociale redenen niet worden opgevolgd, zijn zinloos.

---

## Conclusies en aanbevelingen

---

### 7.1 Methodiek voor de afleiding van interventiewaarden

De internationale methode is in het algemeen goed bruikbaar

De Nederlandse interventiewaarden worden afgeleid op basis van secundaire literatuur, bijeengebracht in een beknopt stofdocument. De interventiewaarden worden gebaseerd op AEGL- of ERPG-waarden, voor zover deze beschikbaar zijn.

De commissie oordeelt dat de methode waarmee de internationale AEGL- en ERPG-waarden zijn afgeleid van voldoende kwaliteit is om als uitgangspunt te gebruiken bij de afleiding van de Nederlandse interventiewaarden. De commissie wil echter benadrukken dat zij de gebruikte methoden en procedures voor de afleiding weliswaar van voldoende kwaliteit vindt, maar dat dit niet inhoudt dat alle AEGL's en ERPG's juist en betrouwbaar zijn. Voor de meeste stoffen zijn namelijk onvoldoende (goede) data beschikbaar om betrouwbare waarden af te leiden. Toch vindt de commissie (een groot deel van) de huidige waarden, gegeven de stand van kennis, bruikbaar als handreiking voor beslissingen bij calamiteiten.

## Waar die nog ontbreekt is meer onderbouwing gewenst

Voor stoffen zonder AEGL- of ERPG-waarden worden de Nederlandse interventiewaarden alleen gebaseerd op het beperkte overzicht van secundaire literatuur. Als tussenoplossing, namelijk tot de buitenlandse waarden beschikbaar komen, acht de commissie dit echter gerechtvaardigd, gezien de tijd die het kost om voor een groot aantal stoffen waarden af te leiden. Zij heeft bovendien niet het idee dat het gebruik van de Nederlandse procedure tot een grote toevoeging van onzekerheden leidt.

De commissie beveelt aan om bij de volgende herziening van de Nederlandse interventiewaarden de tijdsextrapolatie die voor de afleiding van de AEGL's wordt gebruikt over te nemen. Bij een dergelijke herziening is het ook gewenst een toelichting te geven op de overwegingen die hebben geleid tot het vaststellen van een bepaalde interventiewaarde.

## Aandacht is nodig voor stoffen waarbij schade snel levensbedreigend wordt

De commissie constateert dat voor veel stoffen de verhouding tussen de levensbedreigende waarde en de alarmeringsgrenswaarde klein is. Meer aandacht hiervoor is van belang. Maatregelen worden weliswaar primair gebaseerd op overschrijding van de alarmeringsgrenswaarde, maar als de afstand tot de levensbedreigende waarde klein is, is dat voor het nemen van maatregelen toch van belang om te weten.

## Alleen onder voorwaarden moet kankerverwekkendheid meegewogen worden

De commissie stelt voor bij de afleiding van de alarmeringsgrenswaarde alleen rekening te houden met kankerverwekkendheid als er overtuigende gegevens zijn waaruit blijkt dat een eenmalige, zeer korte blootstelling aan een stof leidt tot de ontwikkeling van kwaadaardige tumoren bij mensen, en wel bij concentraties die onder de alarmeringsgrenswaarde liggen. De twee belangrijkste redenen daarvoor zijn:

- De waarde die nu wordt gebruikt en meegewogen is overgenomen uit de kwaliteitseisen die bedoeld zijn om continu een veilige leefomgeving te waarborgen. Die zijn veel te streng voor de inschatting van gezondheidsschade door een korte blootstelling tijdens een calamiteit.

- De omrekening van een langdurige (in feite levenslange) blootstelling naar een blootstelling van één uur voor carcinogene stoffen brengt grote onzekerheden met zich mee. Dit komt vooral doordat de werkingsmechanismen die leiden tot de ontwikkeling van een tumor zeer divers zijn, complex en vaak niet bekend. Het is ook aannemelijk dat deze bij een langdurige (lage) blootstelling anders kunnen zijn dan bij een kortdurende (hoge) blootstelling. In de meeste gevallen lijkt een jarenlange blootstelling vereist om van een stof kanker te krijgen.

Wel vindt de commissie dat informatie over de eventueel carcinogene werking van een stof weergegeven moet worden in de stofdocumenten. De commissie sluit hiermee aan bij de benadering van de AEGL-commissie.

**Alleen onder voorwaarden moet schade aan de voortplanting meegewogen worden**

De benadering die de commissie kiest voor het omgaan met carcinogeniteit beveelt zij ook aan voor reproductietoxiciteit bij het afleiden van de alarmeringsgrenswaarde. De commissie stelt voor daarmee geen rekening te houden, tenzij er overtuigende gegevens zijn dat een korte blootstelling aan een stof leidt tot schade.

De belangrijkste reden hiervoor is dat het bij de gebruikte tests met proefdieren gaat om blootstelling gedurende de gehele periode waarin bij het nageslacht organen worden gevormd. Daaruit is niet zonder meer af te leiden wat er gebeurt bij blootstelling van één uur. Bovendien is een zich ontwikkelend kind niet in alle fasen van een zwangerschap even kwetsbaar. Bij een calamiteit is de kans verder uiterst klein dat blootstelling van zwangere vrouwen precies plaatsvindt in een kwetsbare fase. Wel vindt de commissie dat informatie over de eventuele reproductietoxiciteit van een stof moet worden weergegeven in de stofdocumenten.

---

## **7.2 Toepassing bij calamiteiten**

**Niet alleen interventiewaarden zijn belangrijk tijdens calamiteiten**

De commissie vindt de niveaus waarop de interventiewaarden zijn afgeleid goed gekozen. Mede door de interventiewaarden te kiezen op het niveau waarop effecten kunnen plaatsvinden zijn de interventiewaarden bruikbaar als uitgangspunt voor beslissingen bij calamiteiten. Maar ook andere factoren zijn belangrijk bij

---

het nemen van beslissingen: de effecten op de gezondheid, het berekenen of meten van de verwachte blootstelling tijdens een ramp, de effectiviteit van schuilen en evacueren om gezondheidsschade te voorkomen, het gedrag van mensen tijdens een ramp, en de complexe besluitvorming en uitvoering van maatregelen. De commissie schat in dat de onzekerheden die samenhangen met deze factoren minstens zo groot zijn als de onzekerheden in de interventiewaarden zelf.

#### Protocollen kunnen helpen om complexe afwegingen te maken

Het bestaande protocol voor handelen tijdens calamiteiten waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen geeft geen inzicht in alle relevante factoren. De commissie beveelt aan om protocollen te ontwikkelen die meer recht doen aan de complexiteit en de onzekerheden waarmee het bevoegde gezag moet werken. Een goede besluitvorming vergt veel meer dan nagaan of er interventiewaarden zijn overschreden.

#### Modellen zijn nuttig, maar geven geen zekerheid over de blootstelling

De betrekkelijk eenvoudige modellen die op dit moment worden gebruikt zijn nuttig voor een zeer ruwe eerste schatting van de verspreiding van een gas, maar de gebruikers moeten zich terdege bewust zijn van de grote onzekerheden. Ze moeten weten dat de concentraties en het pad dat de wolk met gevaarlijke stoffen volgt anders kunnen zijn dan aanvankelijk werd berekend/bepaald. Toch acht de commissie het gebruik van deze verspreidingsmodellen een noodzakelijke eerste stap. Ze geven een idee van de aard, omvang en mogelijke verdere ontwikkelingen.

Met complexere modellen, die wel rekening kunnen houden met zaken als bebouwing, is in theorie een betere schatting van de blootstelling mogelijk. Het is echter niet realistisch om deze in de acute fase van calamiteiten te gebruiken.

#### Informatie over opslag van gevaarlijke stoffen moet vooraf beschikbaar zijn

De commissie beveelt wel aan om de informatie over bronnen die elders beschikbaar is ook voor de rampenbestrijders te ontsluiten. Vooral een goede inventarisatie van wat er bij bedrijven met gevaarlijke stoffen ligt opgeslagen lijkt de commissie nodig.

Vooraf is ook informatie nodig over type bebouwing en ventilatie in een gebied.

---

Een goede inschatting van de blootstelling tijdens schuilen in het getroffen gebied vereist inzicht in het type huizen en gebouwen dat daar voorkomt, en de daarbij behorende ventilatiesnelheden. Daarbij is de onmogelijkheid om de ventilatie uit te zetten een punt van aandacht. Dergelijke informatie zou vooraf beschikbaar moeten zijn, met name in gebieden waar extra risico bestaat dat calamiteiten met gevaarlijke stoffen zich voordoen.

#### Effecten ter plekke moeten zwaarder meewegen in de schatting

Naast het gebruik van interventiewaarden zouden effecten ter plekke een prominentere plaats in de afweging moeten krijgen. Zo kan ook informatie over gezondheidseffecten als hoesten, tranende ogen of ernstiger klachten belangrijk zijn voor de besluitvorming. Daarnaast is informatie over de te verwachten concentratie (zowel binnen als buitenshuis), in combinatie met de verwachte duur van de blootstelling, van groot belang om een bepaalde maatregel te kiezen. Ook het explosiegevaar en de samenstelling van de bevolking (denk aan de aanwezigheid van gevoelige groepen in het gebied) spelen een rol. Locatiespecifieke kennis en de inbreng van deskundigen zijn hiervoor noodzakelijk.

#### Metingen ter plekke zijn vooral nuttig om achteraf te evalueren

Voor een schatting van de blootstelling bieden metingen ook maar zeer beperkt soelaas. Omdat het niet haalbaar is om in een heel getroffen gebied metingen te verrichten, zullen ze altijd een incompleet beeld geven van de blootstelling. Wel zijn ze van belang om te leren van calamiteiten en de modellen te kunnen evalueren.

#### Snel beslissen is van groot belang

Bij een overschrijding van de voorlichtingsrichtwaarde wordt de bevolking geïnformeerd. Een overschrijding van de alarmeringsrichtwaarde noopt tot het nemen van maatregelen om de bevolking te beschermen. Dat kan zijn het ontruimen van een beperkt gebied, oproepen tot binnenshuis schuilen of evacueren. Gezien de snelheid waarmee een wolk ontsnapte stof zich verplaatst, moet de beslissing over maatregelen zeer snel (binnen een half uur) genomen worden om de bevolking daadwerkelijk bescherming te kunnen bieden.

## Schuilen is meestal de beste optie

Bij de keuze tussen schuilen en evacueren stelt de commissie dat schuilen meestal de beste optie is. Schuilen is namelijk zeer effectief om de blootstelling te beperken, zeker bij een kortstondige blootstelling aan gevaarlijke stoffen. Als in de woningen of gebouwen bovendien de ventilatie wordt gestopt, en (in oudere huizen) bijvoorbeeld de kieren worden dichtgeplakt, is de concentratie van de stof in de lucht binnenshuis na een aantal uren nog aanzienlijk minder hoog dan die in de buitenlucht – al neemt dat verschil wel steeds verder af naarmate de tijd verstrijkt. Organisatorisch is schuilen ook een eenvoudiger maatregel dan het evacueren van de bevolking. Het advies van de commissie is dan ook: schuilen, tenzij.

## Een goede beslissing houdt rekening met uiteenlopende risicofactoren

De commissie vindt dat het niveau van de alarmeringsgrenswaarde goed gekozen is om een beslissing te kunnen nemen over de zinvolheid van schuilen. Boven dat niveau kunnen immers gezondheidseffecten optreden. Het is echter noodzakelijk om een veelheid aan andere overwegingen mee te nemen bij het nemen van een goede beslissing. Daarnaast beperken het tijdsverloop van een calamiteit en het gedrag van mensen in veel gevallen de mogelijkheden voor implementatie van een maatregel. Overigens zou ook bij een blootstelling op het niveau van de voorlichtingsrichtwaarde al het advies gegeven kunnen worden om ramen en deuren te sluiten.

## Procedures moeten aangepast worden om recht te doen aan de complexiteit

In de huidige procedure wordt te weinig rekening gehouden met de complicaties in het besluitvormingsproces. Besluiten nemen en uitvoeren bij calamiteiten is een zeer complexe aangelegenheid, waarbij een groot aantal praktische, organisatorische en logistieke afwegingen gemaakt moet worden. Dat kost veel tijd. Trage besluitvorming kan op zichzelf al leiden tot vermijdbare blootstelling: bijvoorbeeld wanneer mensen schuilen op het moment dat evacuatie beter was geweest of is geworden. Verder zijn inzichten over groepsbesluitvorming in crisissituaties niet meegenomen in de huidige procedure.

## Beslissers moeten meer weten over het daadwerkelijke gedrag van de bevolking

Een ander punt is het gedrag van de bevolking. Mensen in een crisissituatie reageren vaak anders dan hulpdiensten en besluitvormers verwachten. In de praktijk komt paniek bijvoorbeeld zelden voor. Hulpdiensten en bestuurders moeten bij het nemen van beslissingen rekening houden met het gedrag van de mensen in het rampgebied. Alleen als zij dat adequaat inschatten kunnen zij ook bepalen of maatregelen effectief zijn om gezondheidsschade te beperken. Instructies die om gezondheidsredenen worden gegeven, maar die om psychische of sociale redenen niet worden opgevolgd, zijn zinloos.

## Informereren over en oefenen met schuilen is nodig

Ook pleit de commissie voor meer informatie, opleiding en oefening voor schuilen. Het gaat daarbij niet alleen om omwonenden, maar ook om mensen op hun werkplek, en in scholen, ziekenhuizen, inrichtingen voor gedetineerden en verzorgingstehuizen. Belangrijk is dat bij een calamiteit duidelijk is wie ervoor zorgt dat mensen gaan schuilen en waar, en wie ervoor zorgt dat de ventilatie wordt uitgeschakeld. Opleiding en oefening van arbocoördinatoren, bedrijfshulpverlening of leerkrachten om de uitvoering van de oproep tot schuilen te ondersteunen zou een goede eerste optie zijn.

## Evacueren is alleen in specifieke situaties een zinvolle optie

De keuze om te evacueren is aanmerkelijk complexer, mede omdat de nadelige effecten van de maatregel zelf moeten worden meegewogen. Zo blijkt uit de ervaring met eerdere calamiteiten dat evacueren nadelige effecten op de gezondheid kan hebben. Zo kunnen bij het verlaten van het gebied valpartijen en botsingen in het verkeer ontstaan. Ook de stress of de inspanning die gepaard gaan met evacuatie kan gezondheidskundige effecten veroorzaken. Een afweging tussen de nadelige gevolgen van de maatregel zelf en de risico's van blootstelling is echter moeilijk te maken, omdat de gezondheidsschade door evacuatie per situatie en per calamiteit zal verschillen.

Evacueren is in het algemeen onder een beperkt aantal condities een realistische optie. Zo is een evacuatie moeilijk uitvoerbaar in een gebied waar de alarmeringsgrenswaarde al is overschreden. Evacueren is dan ook vooral een optie voor het gebied waar de wolk nog niet is aangekomen. Daarbij is een afweging nodig waarbij de effecten van de evacuatie, de inschatting van de haalbaarheid en

---

de voordelen van schuilen meegenomen moeten worden. In de meeste situaties houdt dat in dat er maar zeer weinig tijd is, want een gifwolk legt al bij matige wind meer dan tien kilometer per uur af. En dat terwijl een georganiseerde evacuatie juist besluitvorming vereist waarvoor tijd nodig is – vaak enige uren.

---

# Literatuur

---

- 1 VROM-Inspectie. Interventiewaarden gevaarlijke stoffen 2006. Den Haag: Ministerie van VROM; 2006.
  - 2 Ruijten M, van Doorn R. Handreiking voor de afleiding van interventiewaarden voor de rampenbestrijding. Rotterdam: GGD Rotterdam e.o.; 2004.
  - 3 National Research Council. Standing operating procedures for developing acute exposure guideline levels for hazardous chemicals. Washington D.C.: National Academy Press; 2001.
  - 4 ten Berge WF, Zwart A, Appelman LM. Concentration-time mortality response relationship of irritant and systematically acting vapours and gases. *J Hazard Mater* 1986; 13(3): 301-309.
  - 5 Health Council of the Netherlands. Verhagen H, Feron VJ, van Vliet PW. Risk assessment of peak exposure to genotoxic carcinogens. The Hague: Health Council of the Netherlands; 1994: A94/04.
  - 6 van Raaij MTM, Janssen PAH, Piersma AH. The relevance of developmental toxicity endpoints for acute limit setting. Bilthoven: RIVM; 2003: RIVM report 601900004.
  - 7 Uncertainties in met pre-processing for dispersion models. Middleton DR, Thomson DJ. Presented to ADMLC Workshop at NRPB 23 October 2001. London: Met Office, 2002.
  - 8 Beychok MR. Fundamentals of stack gas dispersion. Irvine, California: Milton R. Beychok, Fourth edition; 2005.
  - 9 van Rosenberg S, Slob R. Schuilen of evacueren bij incidenten met gevaarlijke stoffen. Rotterdam: GHOR Rotterdam-Rijnmond; 2004: GHOR Rapport R031111-V1.1.
  - 10 Essery G. Chemical incident: evacuate or shelter. *Safety & Health Practitioner* 1994; 12: 22-25.
  - 11 Ministerie van VROM. Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen 1: Deel 5: Bescherming tegen toxische stoffen door verblijf binnenshuis. Den Haag: Ministerie van VROM; 2003: PGS 1.
-

- 12 Ministerie van VROM. Bescherming van de bevolking door binnenshuis schuilen bij incidenten met chemicaliën: No.15. Den Haag: Ministerie van VROM; 2003.
- 13 Kinra S, Lewendon G, Nelder R, Herriott N, Mohan R, Hort M e.a. Evacuation decisions in a chemical air pollution incident: cross sectional survey. *BMJ* 2005; 330(7506): 1471.
- 14 Auf der Heide E. Common misconceptions about disasters: panic, the 'disaster syndrome,' and looting. In: O'Leary M, editor. *The first 72 hours: a community approach to disaster preparedness*. Lincoln, Nebraska: iUniverse Publishing; 2004.
- 15 Drabek TE. *Human System Responses to Disaster: An Inventory of Sociological Findings*. New York: Springer-Verlag; 1986.
- 16 Quarantelli EL. *The sociology of panic*. Newark, DE: University of Delaware, Disaster Research Center; 1999.
- 17 Quarantelli EL. *The Sociology of Panic*. In: Smelser N, Baltes PB, editors. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. New York: Pergamon Press; 2001: 11020-30.
- 18 Groner JJ. Fighting fire with psychology. *Monitor on psychology* 2004; 35(8).
- 19 Rogers G. *Evaluating protective actions for chemical agent emergencies*. Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory; 1990: ORNL-6615.
-

---

A De adviesaanvraag

B De commissie

C Glossary

---

## **Bijlagen**



---

## De adviesaanvraag

---

Brief aan de Voorzitter van de Gezondheidsraad (kenmerk IMM/HI/SP8C/CB/190100002L):

Hierbij verzoek ik, mede namens de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en de staatssecretaris van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, de Gezondheidsraad mij te adviseren over de afleiding en toepassing van interventiewaarden bij de rampenbestrijding. Rampenbestrijding waarbij gevaarlijke stoffen vrij komen is een gedeelde verantwoordelijkheid van de ministeries van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Volksgezondheid, Welzijn en Sport en het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Om deze reden leggen wij u gezamenlijk de volgende adviesaanvraag voor.

Voordat de overheid de toepassing van interventiewaarden voor de rampenbestrijding algemeen in Nederland gaat invoeren verzoekt zij de Gezondheidsraad haar te adviseren over de gevolgde aanpak bij het afleiden van de interventiewaarden en de uiteindelijke toepassing daarvan in relatie tot de wijze waarop zij bedoeld zijn toegepast te worden bij de rampenbestrijding. In uw advies verzoeken wij u in te gaan op de volgende aspecten:

- de wijze van afleiden met name ook waar het gaat om reprotoxiciteit en carcinogeniteit
- vergelijking met meer gedetailleerde Emergency Response Planning Guidelines (ERPG's) en Acute Exposure Guidance Levels for Hazardous Substances (AEGL), mede in het licht van andere onzekerheden resp. onnauwkeurigheden bij de eerste besluitvorming bij rampen/incidenten

- de wijze waarop bij het gebruik hiervan bij de rampenbestrijding ongewenste nadelige gevolgen van de blootstelling kunnen worden afgezet tegen de ongewenste gevolgen van de te nemen maatregelen.

Ik zou het op prijs stellen indien de Gezondheidsraad dit advies voor het einde van het jaar zou kunnen uitbrengen.

Wgd J.P. Pronk

De minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

---

## De commissie

- 
- dr. F. Woudenberg, psycholoog; GGD Rotterdam en omstreken; *voorzitter*
  - ing. D. Arentsen, MSc; adviseur gevaarlijke stoffen, Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid *Nibra*, Arnhem
  - dr. ir. J.H.E. Arts, toxicoloog; TNO Voeding, Zeist
  - dr. C. van der Bogaard; Ministerie voor Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag; *adviseur*
  - dr. P.J. Boogaard, toxicoloog; Shell, Den Haag
  - dr. K. Gerritse; Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Den Haag; *adviseur*
  - dr. S. Kezic, arbeidstoxicoloog; Coronel Instituut, Universiteit van Amsterdam
  - ir. J.C. de Knijff, risico-analist; Rijswijk
  - prof. dr. G.J. Mulder, emeritus hoogleraar toxicologie universiteit Leiden, Leiden
  - dr. S.M.W. van Rossenberg, biotechnoloog; GHOR Rijnmond, Rotterdam
  - dr. ir. M.W.M.M. Ruijten; RIVM, toxicoloog/epidemioloog; *adviseur*. Lid van de National Advisory Committee.
  - drs. I. de Vries, internist/toxicoloog; RIVM, afdeling Nationaal Vergiftigingen Informatiecentrum (NVIC), Bilthoven
  - dr. J. van Wijnen, arts, toxicoloog, epidemioloog, Amsterdam
-

- prof. dr. F.A. de Wolff, emeritus hoogleraar klinische en forensische toxicologie, Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC), Leiden. Lid AEGL Committee van de US National Academy of Sciences.
- drs. J.W. Dogger; Gezondheidsraad, Den Haag; *secretaris*

Gastdeskundigen:

- Prof. dr. P.W.J. Peters, emeritus hoogleraar ontwikkelingstoxicologie en teratologie, Universitair Medisch Centrum Utrecht, Utrecht
- dr. W.F.J.P.M. ten Berge, toxicoloog, Westervoort

### De Gezondheidsraad en belangen

Leden van Gezondheidsraadcommissies worden benoemd op persoonlijke titel, wegens hun bijzondere expertise inzake de te behandelen adviesvraag. Zij kunnen echter, dikwijls juist vanwege die expertise, ook belangen hebben. Dat behoeft op zich geen bezwaar te zijn voor het lidmaatschap van een Gezondheidsraadcommissie. Openheid over mogelijke belangenconflicten is echter belangrijk, zowel naar de voorzitter en de overige leden van de commissie, als naar de voorzitter van de Gezondheidsraad. Bij de uitnodiging om tot de commissie toe te treden wordt daarom aan commissieleden gevraagd door middel van het invullen van een formulier inzicht te geven in de functies die zij bekleeden, en andere materiële en niet-materiële belangen die relevant kunnen zijn voor het werk van de commissie. Het is aan de voorzitter van de raad te oordelen of gemelde belangen reden zijn iemand niet te benoemen. Soms zal een adviseur-schap het dan mogelijk maken van de expertise van de betrokken deskundige gebruik te maken. Tijdens de installatievergadering vindt een bespreking plaats van de verklaringen die zijn verstrekt, opdat alle commissieleden van elkaars eventuele belangen op de hoogte zijn.

---

## Glossary

---

<b>ACUTEX</b>	ACUTE EXposure
<b>AEGL</b>	Acute Exposure Guidelines Level
<b>AETL</b>	Acute Exposure Threshold Level
<b>AGW</b>	AlarmeringsGrensWaarde
<b>AIHA</b>	American Industrial Hygienist Association
<b>BZK</b>	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
<b>DCRF</b>	Dose Rate Correction Factor
<b>ECETOC</b>	European Chemical Industry Ecology and Toxicology Centre
<b>EI</b>	Emergency Exposure Indices
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency (U.S.)
<b>ERPG</b>	Emergency Response and Planning Guidelines (AIHA)
<b>GGD</b>	Gemeentelijke GezondheidsDienst
<b>GHOR</b>	Geneeskundige Hulpverlening bij Ongevallen en Rampen
<b>IARC</b>	International Agency for Research on Cancer
<b>LBW</b>	LevensBedreigendeWaarde
<b>MAC</b>	Maximaal Aanvaarde Concentratie
<b>MOD</b>	Milieu Ongevallen Dienst
<b>MTR</b>	Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau
<b>NAC</b>	National Advisory Committee
<b>NAC/AEGL</b>	National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances (NAC/AEGL Committee)

---

<i>NOAEL</i>	No-Observed-Adverse-Effect level
<i>NRC</i>	National Research Council (U.S.)
<i>NRC/</i>	National Research Council Subcommittee on Acute Exposure
<i>AEGL</i>	Guideline Levels (NRC/AEGL Subcommittee) (U.S.)
<i>PBPK</i>	Physiology-based Pharmacokinetics
<i>RIVM</i>	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
<i>SOP</i>	Standing Operating Procedures
<i>VWS</i>	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
<i>VROM</i>	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
<i>VRW</i>	VoorlichtingsRichtWaarde