

RIVM rapport 609021029/2004

Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu

A. Dusseldorp, M. van Bruggen, J. Douwes,
P.J.C.M. Janssen, G. Kelfkens

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de VROM Inspectie, ten laste van de projecten M/609021 (Beantwoording ad hoc vragen hoofdinspectie), M/500012 (Actieprogramma Gezondheid en Milieu) en V/609026 (Steunpunt Medische Milieukunde)

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030-2749111; fax: 030-274 2971

Abstract

Health-based guidelines for chemical and some physical substances in dwellings were derived and summarised in this report. Substances were selected on the basis of product use in dwellings or the fact they have proven to cause problems in different indoor environments. For chemical substances, exposure via inhalation was taken into account. For other agents, the corresponding route of exposure was considered. No guidelines for biological agents could be derived on the basis of current knowledge, as outlined in this document. This conclusion also applies to other agents, like non-ionising radiation and moisture.

The 'health-based guidelines' are based on the Maximum Permissible Risk (MPR), according to Dutch Environmental Policy. For substances with a threshold, this refers to a lifetime (70 years, 365 days per year and 24 hrs per day) concentration that will not cause health effects (even in susceptible groups). The MPR of substances without a threshold (carcinogens) is defined as one case (of cancer) per 1 million exposed persons per year or one case per 10,000 during a lifetime.

The guidelines here are aimed at dwellings, but could also be applied to other indoor environments where people spend considerable time (schools, offices). Although the guidelines are not laid down by law, they could be used as a starting point for doing so at a later date. In this case, they should be a component of a well thought-out policy for indoor air.

Ten geleide

Kader

Dit rapport is opgesteld in opdracht van de VROM-Inspectie, en sluit aan bij de actiepunten die zijn gedefinieerd in het Actieprogramma Gezondheid en Milieu, met betrekking tot het thema 'gezondheid in gebouwen' (VROM/VWS, 2002)¹.

Auteurs

Het rapport is opgesteld door Ir. A. Dusseldorp en Drs. M. van Bruggen. De overige auteurs hebben specifieke onderwerpen voor hun rekening genomen:

Biologische agentia: Dr. J. Douwes, Centre for Public Health Research,
Massey University, Wellington, New Zealand
Chemische agentia: Ing. P.J.C.M. Janssen, RIVM (SIR), Bilthoven
Niet Ioniserende Straling: Dr. G. Kelfkens, RIVM (LSO), Bilthoven

Voor de paragraaf met betrekking tot geluid is een bijdrage geleverd door Dr. I. Van Kamp (RIVM, MGO).

Begeleidingscommissie

Dit project is begeleid door een commissie bestaande uit:

Drs. C.M. Alders, Astma Fonds, Leusden
Ir. A.P.M. Blom, VROM, DGM, Den Haag
Dr. C.J.M. van den Bogaard, VROM-inspectie, Den Haag
Drs. F. Duijm, GGD Groningen, Groningen
Mr. E.A. Fontijn, SZW, A&G, Den Haag
C. Kuin, Vereniging Eigen Huis, Amersfoort
Ir. P.J. van Luijk, VROM, DGW, Den Haag
Drs. ing. O.G. van Rijsbergen, Nederlandse Woonbond, Amsterdam
Ir. R. Slob, GGD Rotterdam, Rotterdam
Dr. M.E.J. van der Weiden, VWS, Den Haag

Overwegingen

Beschikbare informatie

In de loop van het project is gebleken dat voor vele agentia informatie beschikbaar is. Helaas betekent dit niet altijd dat er dan ook een gezondheidkundige advieswaarde kan worden afgeleid. Een goed voorbeeld hiervan vormen de biologische agentia en vocht in huis. De begeleidingscommissie wil benadrukken dat de afwezigheid van een norm niet betekent dat deze onderwerpen minder aandacht verdienen. Zij spreekt de hoop uit dat ook voor deze onderwerpen de bijeengebrachte informatie niet verloren zal gaan.

Verder zijn door de afbakening van het project een aantal onderwerpen buiten beschouwing gelaten die toch aandacht verdienen als het om binnenmilieu gaat. De begeleidingscommissie denkt bijvoorbeeld aan de volgende onderwerpen: de

¹ Actieprogramma Gezondheid en Milieu. Uitwerking van een beleidsversterking. Ministerie van VROM, Ministerie van VWS, mei 2002.

mogelijke ophoping van brandvertragers en bestrijdingsmiddelen in huisstof, de invloed van licht, de aanwezigheid van ongedierte, de risicofactoren voor legionella, ftalaten.

Doel van de advieswaarden

Advieswaarden op zich kunnen geen beter binnenklimaat bewerkstelligen. Er moet bekeken worden op welke manier deze waarden worden ingezet in een beleid, dat gericht is op verbetering van het binnenmilieu. De advieswaarden zijn opgesteld als toetsingswaarden voor de kwaliteit van de binnenlucht in *woningen*. In het beleid zouden echter ook kantoren en/of scholen betrokken kunnen worden.

Een bijzonder punt van aandacht is het na te streven beschermingsniveau. De advieswaarden in dit rapport zijn gebaseerd op het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) zoals dat in het verleden gedefinieerd is in het Nederlandse milieubeleid. In de loop van het project heeft in de begeleidingscommissie de discussie plaatsgevonden of in het huidige kader het Verwaarloosbaar Risico (VR) gehanteerd zou moeten worden voor stoffen zonder drempelwaarde. Het VR is een factor 100 lager dan het MTR.

In de ogen van de auteurs pleiten daar o.a. de volgende argumenten tegen:

1. Aan het MTR liggen (ongeveer) dezelfde uitgangspunten ten grondslag als aan de luchtkwaliteitsrichtlijnen (*air quality guidelines, AQG*) van de WHO, de chronische 'Reference Concentration' van de Amerikaanse EPA, en het chronische Minimal Risk Level (MRL) van de ATSDR.
2. Bij de afleiding van luchtgrenswaarden door de EU vormen WHO-AQG's een belangrijk ijkpunt.
3. Ook voor andere milieugerelateerde risicobeoordelingen, bijvoorbeeld bij het vaststellen van bodeminterventiewaarden, is het MTR het primaire ijkpunt.

Inhoud

<i>Samenvatting</i>	7
1. <i>Inleiding</i>	11
2. <i>Chemische stoffen</i>	15
2.1. (Verbrandings)gassen en ‘klassieke luchtverontreinigingscomponenten’	16
2.2. (Vluchtige) organische verbindingen	17
2.2.1. Aromatische verbindingen	17
2.2.2. Aldehyden	17
2.2.3. Alifatische verbindingen	18
2.2.4. Gechloreerde alifatische verbindingen	18
2.2.5. Gechloreerde benzenen	18
2.3. Bestrijdingsmiddelen	19
2.4 Zware metalen	21
2.5 Asbest en minerale vezels	21
2.5.1. Asbest	21
2.5.2. Minerale vezels	22
2.6. Referenties	22
3. <i>Fysische factoren</i>	23
3.1. Temperatuur	23
3.2. Vocht	23
3.3. Geluid	25
3.4. Straling	26
3.3.1. Radon	26
3.3.2. Niet Ioniserende Straling (NIS)	26
3.5. Referenties	29
4. <i>Biologische agentia</i>	31
4.1. Schimmels	32
4.2 Schimmelcomponenten	33
4.2.1 $\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen	33
4.2.2 Allergenen	34
4.2.3 Mycotoxinen	35
4.2.4 Vluchtige organische componenten	35
4.3 Bacteriën	35
4.4 Bacteriële componenten	36
4.4.1 Endotoxinen	36
4.4.2 Peptidoglycanen	38
4.5 Huisstofmijtallergenen	38
4.6 Huisdier- en kakkerlakallergenen	40
4.7. Referenties	41
5. <i>Gepercipieerde luchtkwaliteit en ventilatie</i>	49

5.1. Gepercipieerde luchtkwaliteit	49
5.2. Ventilatie	49
5.3. Referenties	50
6. Overig	53
6.1. Tabaksrook	53
6.2 Referenties	53
<i>BIJLAGE A: Onderbouwing gezondheidkundige advieswaarden chemische stoffen</i>	54
<i>BIJLAGE B: Bestrijdingsmiddelen: werkzame stoffen in diverse producten</i>	68
<i>BIJLAGE C: Gezondheidseffecten geluid</i>	70
<i>BIJLAGE D: Lijst met gehanteerde waarden in andere landen</i>	71
<i>BIJLAGE E: Lijst van afkortingen</i>	88

Samenvatting

Dit rapport geeft gezondheidkundige advieswaarden voor een groot aantal chemische agentia die in woningen kunnen voorkomen, alsmede voor een aantal fysische factoren. In de praktijk bestaat behoefte aan dergelijke advieswaarden, omdat er voor veel agentia geen waarden beschikbaar zijn om de kwaliteit van het binnenmilieu van woningen aan te toetsen. Bij het vaststellen van de lijst van agentia waarvoor waarden dienden te worden afgeleid, is uitgegaan van stoffen of produkten die veel binnenshuis worden gebruikt of die vanuit de praktijk regelmatig als probleem naar voren komen. Voor de (chemische) stoffen geldt dat alleen blootstelling via inhalatie in ogenschouw is genomen. Voor de andere agentia is de bijbehorende wijze van blootstelling beoordeeld.

De 'gezondheidkundige advieswaarde' is hier gedefinieerd als het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR). Voor het compartiment lucht wordt dit meestal aangeduid als de Toelaatbare Concentratie in Lucht (TCL). Voor stoffen mét drempelwaarde is dit de concentratie die bij levenslange blootstelling (70 jaar, 365 dagen/jaar en 24 uur per dag) geen effect op de gezondheid heeft. Bij de afleiding wordt rekening gehouden met risicogroepen als zieken, zwangeren, ouderen of kinderen. Van genotoxisch werkende carcinogenen wordt aangenomen dat er geen drempelwaarde is waaronder geen effecten optreden: elke dosis, hoe gering ook, is verbonden met een zeker risico op kanker. Voor deze categorie stoffen is het MTR gedefinieerd als één geval (van kanker) per 1.000.000 blootgestelden per jaar of 1 op 10.000 gedurende een heel leven.

Voor de geselecteerde agentia is nagegaan welke waarden beschikbaar waren als gezondheidkundige advieswaarden. Een overzicht daarvan is opgenomen als bijlage bij het rapport. Voor een aantal agentia heeft het RIVM reeds eerder een advieswaarde voor chronische blootstelling afgeleid (bijvoorbeeld TCL's ter ondersteuning van het bodembeleid). Deze zijn overgenomen, met uitzondering van agentia waarvoor nieuwe informatie beschikbaar is gekomen. Voor overige agentia is een advieswaarde afgeleid indien voldoende gegevens beschikbaar waren.

Voor biologische agentia (schimmels, bacteriën, huisstofmijt, huisdierallergenen) is het op basis van de huidige kennis niet mogelijk om advieswaarden af te leiden. In hoofdstuk 4 wordt voor de biologische agentia uitgebreid beschreven welke informatie dan wél beschikbaar is en waarom er geen gezondheidkundige advieswaarde is vast te stellen. Ook voor andere agentia waarvoor geen advieswaarde kan worden gegeven (zoals voor niet-ioniserende straling en vocht) is in het rapport weergegeven waarom het RIVM tot deze conclusie is gekomen.

In principe zijn de advieswaarden gericht op woningen, maar ze zijn ook toepasbaar op andere locaties waar mensen langdurig verblijven (zoals kantoren en scholen). De gezondheidkundige advieswaarden hebben geen wettelijke status, maar kunnen dienen als uitgangspunt voor beleid ten aanzien van het binnenmilieu. Gezondheidkundige advieswaarden op zich kunnen geen betere kwaliteit van het binnenmilieu bewerkstelligen. Het verdient daarom aanbeveling om te bepalen op welke manier het beleid (en de rol van advieswaarden daarin) gestalte moet krijgen.

Een overzicht met alle agentia die in dit rapport worden beschreven, met advieswaarde, is gegeven in onderstaande tabel.

Agens	Advies- waarde	Termijn ²	Eenheid	Paragraaf
Chemische agentia				
1,1,1,- Trichloorethaan	380		µg/m ³	2.2.4
1,2-Dichloorethaan	48		µg/m ³	2.2.4
1,2-Dichloorpropaan	12		µg/m ³	2.2.4.
1,4-Dichloorbenzeen	670		µg/m ³	2.2.5
Alkanen ³ : Som van pentaan, heptaan, octaan	18400		µg/m ³	2.2.3
Alkanen; Hogere alkanen (nonaan en hoger)	1000		µg/m ³	2.2.3
Alkylbenzenen ⁴ : Som van Isopropylbenzeen, Trimethylbenzeen, Methylethylbenzeen, n-Propylbenzeen, n-butylbenzeen	870		µg/m ³	2.2.1
Alkyldimethylbenzyl-ammoniumchloride	-			2.3
Abest	100.000		ve/m ³	2.5
Benzeen	20		µg/m ³	2.2.1
Chloorbenzeen	500		µg/m ³	2.2.5
Chloorpyrifos	3		µg/m ³	2.3
Cyclohexaan	3000		µg/m ³	2.2.3
Dichloormethaan	3000		µg/m ³	2.2.4
Didecyldimethyl- ammoniumchloride	-			2.3
Ethylbenzeen	770		µg/m ³	2.2.1
Fijn stof (PM ₁₀)	-			2.1.
Formaldehyde ⁵	1,2		µg/m ³	2.2.2
Foxim	-			2.3
HABS ⁶	800		µg/m ³	2.2.1
Hexaan	200		µg/m ³	2.2.3
Kooldioxide (CO ₂)	-			5.1
Koolmonoxide (CO)	100	15 minuten	mg/m ³	2.1
	60	30 minuten	mg/m ³	
	30	1 uur	mg/m ³	
	10	8 uur	mg/m ³	
Kwikdamp	50	jaargemiddelde	ng/m ³	2.4
Lood	500	jaargemiddelde	ng/m ³	2.4
Minerale vezels	100.000	jaargemiddelde	ve/m ³	2.5
Ozon	120	8 uur	µg/m ³	2.1
PAK	1,2		ng B(a)P/m ³	2.1
Propoxur	22		µg/m ³	2.3
Stikstofdioxide (NO ₂)	200	1 uur	µg/m ³	2.1
	40	jaargemiddelde	µg/m ³	
Styreen	900		µg/m ³	2.2.1
Tetrachlooretheen (per)	250		µg/m ³	2.2.4
Tetramethrin	-			2.3
Agens	Advies-	Termijn	Eenheid	Paragraaf

² Indien anders dan waarde voor levenslange blootstelling

³ Zie verder hexaan, cyclohexaan

⁴ Zie verder toluen, xyleen, ethylbenzeen, HABS

⁵ Zie paragraaf 2.2.2. voor nuancering

⁶ HBAS: *High-Boiling Aromatic Solvents*. Dit is een groep van aardolie afgeleide oplosmiddelen waarin hoge concentraties alkylbenzenen voorkomen (vooral methylethylbenzenen en trimethylbenzenen).

	waarde			
Tolueen	400		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.2.1
Trichloorbenzeen	50		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.2.5
Trichlooretheen (tri)	200		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.2.4
Trichloorfon	-			2.3
Trichloormethaan (chloroform)	100		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.2.4
Xyleen	870		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.2.1
Zwavel dioxide (SO_2)	500 125 50	10 minuten 24uur jaargemiddelde	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.1
Fysische agentia/ventilatie				
Geluid	35 30	Dag: 16 uur Nacht: 8 uur	LAEq (dB) LAEq (dB)	3.3
NIS (Niet Ioniserende Straling)	-			3.3.2.
Radon	-			3.3.1
Temperatuur	-			3.1
Ventilatie	-			5.2
Ventilatievoud	-			5.2
Vocht	-			3.2
Biologische agentia				
Schimmels	-			4.1
Schimmelcomponenten				4.2
$\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen	-			4.2.1.
Allergenen	-			4.2.2.
Mycotoxinen	-			4.2.3.
Microbiële VOC's	-			4.2.4.
Bacteriën	-			4.3.
Bacteriële componenten				4.4
Endotoxinen	-			4.4.1
Peptidoglycanen	-			4.4.2
Huisstofmijtallergenen	-			4.5.
Huisdier- en kakkerlak allergenen	-			4.6.

1. Inleiding

De afgelopen jaren heeft het RIVM voor veel stoffen advieswaarden afgeleid. Zij zijn bedoeld om te kunnen vaststellen bij welke concentraties er gezondheidsrisico's kunnen optreden. Deze advieswaarden hebben geen wettelijke status, maar doen vaak wel dienst om het bodembeleid of het beleid luchtkwaliteit te onderbouwen. Hierdoor ligt de nadruk op het vermijden of beperken van risico's buitenshuis.

Daarentegen bestaan er in Nederland nauwelijks waarden om de kwaliteit van het *binnenmilieu* te toetsen⁷. Dit heeft er deels mee te maken dat het binnenmilieu van woningen door vele factoren wordt beïnvloed, zoals:

- bouwjaar, bouwwijze en gebruikte bouwmaterialen;
- ligging (grondwater, zonnestand);
- ventilatie- en verwarmingsvoorzieningen (afvoerloze geisers);
- het gedrag van de bewoners (roken, hobbies, aanwezigheid huisdieren, ventilatie);
- externe bronnen als (vlieg)verkeer, industrie, bodemverontreiniging;
- de gebruikte afwerkingsmaterialen en (andere) consumentenartikelen;
- van nature voorkomende stoffen;
- onderhoud en beheer van de woning.

Hierdoor bestaan er grote verschillen in de kwaliteit van het binnenmilieu, zelfs tussen (op het oog) identieke woningen of gebouwen. Een aantal van deze factoren is door beleid lastig te beïnvloeden en/of te handhaven.

Gezondheidskundige advieswaarden

In de praktijk blijkt er wel behoefte te zijn aan waarden om de kwaliteit van het binnenmilieu te toetsen, bijvoorbeeld bij metingen naar aanleiding van gezondheidsklachten van bewoners of het beoordelen van bouwmaterialen. Daarom heeft de VROM-Inspectie het RIVM gevraagd voor een aantal agentia *gezondheidskundige advieswaarden* voor het binnenmilieu van woningen af te leiden. Dergelijke waarden zouden het beleid kunnen helpen bij het formuleren van grens- of streefwaarden voor het binnenmilieu.

Onder 'gezondheidskundige advieswaarde' wordt hier verstaan een concentratie die bij levenslange blootstelling hetzij geen effect op de gezondheid heeft, hetzij een toelaatbaar geacht risico vormt. Deze waarde wordt het MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico⁸) genoemd.

- Voor stoffen *met* een drempelwaarde zijn deze waarden zo gekozen dat levenslange blootstelling (70 jaar, 365 dagen/jaar en 24 uur per dag) mogelijk is, zonder kans op schadelijke effecten. Ook risicogroepen als zieken, zwangeren, ouderen of kinderen ondervinden onder deze waarde geen effect op de gezondheid.
- Voor stoffen *zonder* een drempelwaarde (genotoxisch werkende carcinogenen) kan uiteraard niet worden uitgegaan van geen kans op ziekte. Hier is gekozen voor een maximaal toelaatbaar geacht risiconiveau. Dit komt overeen met 1 geval (van

⁷ Een uitzondering vormen de MAC-waarden die iets zeggen over de luchtkwaliteit in een industriële omgeving.

⁸ Zie ook 'Stoffen en Normen, 1999. Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid. VROM-DGM. Samson, Alphen aan de Rijn. ISBN 90 6092 802 4

kanker) per 1.000.000 blootgestelden per jaar of 1 op 10.000 gedurende een heel leven (100 jaar).

Toepassingsgebied advieswaarden

Door bovenstaande uitgangspunten te hanteren (levenslange blootstelling en voldoende bescherming van risicogroepen) zijn de waarden ook toepasbaar op andere ruimten (dan woningen), waar mensen langdurig verblijven. In het rapport wordt echter, conform het uitgangspunt, uitgegaan van woningen.

Selectie van agentia

Door de diversiteit en het grote aantal agentia is het niet mogelijk een lijst op te stellen van alle agentia die in het binnenmilieu kunnen voorkomen. De selectie die is gemaakt, is daarom gebaseerd op stoffen die in de literatuur of vanuit de praktijk vaak in verband zijn of worden gebracht met een (verontreinigd) binnenmilieu. Deze lijst is bij aanvang van het project door de begeleidingscommissie vastgesteld.

Vaststellen advieswaarden

Een aantal van deze agentia zijn ook probleemstoffen voor het buitenmilieu waarvoor het RIVM reeds eerder advieswaarden heeft vastgesteld. Het uitgangspunt voor dit project is geweest om deze waarden zoveel mogelijk te handhaven. Alleen wanneer recente gegevens daartoe aanleiding gaven, zijn nieuwe waarden afgeleid.

Voor de advieswaarden is het dus ook niet van belang of de bronnen zich in de woning bevinden of daarbuiten. Uiteraard is het uitgangspunt geweest om waarden te formuleren voor agentia die hun bron binnenshuis hebben.

De onderbouwing van de advieswaarden is in het rapport opgenomen (deels als bijlage). Indien voor bepaalde agentia geen gezondheidkundige advieswaarde kon worden afgeleid, is in de wat uitgebreider aandacht besteed aan het hoe en waarom (bijvoorbeeld bij Niet-Ioniserende Straling en biologische agentia). Voor zaken waarvoor binnen het RIVM geen kennis voorhanden was, is gezocht naar externe deskundigen en/of advieswaarden die elders zijn opgesteld.

Waarden in andere landen

Als eerste stap in het project is een literatuursearch gedaan naar initiatieven in andere landen om specifiek voor woningen advieswaarden op te stellen. In bijlage D is hier informatie over opgenomen, alsmede een tabel met de waarden die her en der beschikbaar zijn (inclusief de Nederlandse waarden).

Blootstellingsduur

De meeste van de hier gepresenteerde gezondheidkundige advieswaarden hebben als uitgangspunt het MTR gedurende levenslange blootstelling, ook als er in de praktijk voor een bepaald agens van een kortere blootstellingsduur sprake is. Voor een aantal stoffen was het niet mogelijk om gezondheidkundige advieswaarden voor levenslange blootstelling af te leiden. In die gevallen is gebruik gemaakt van advieswaarden voor een andere blootstellingsduur. Dit is aangegeven bij de betreffende waarde.

Enkele voorbeelden:

- Voor een aantal stoffen zijn er alleen waarden beschikbaar die gebaseerd zijn op een korter tijdvenster. Vaak is dit het geval wanneer het typische risico ligt in kortdurende hoge blootstelling, zoals bij CO.

- Voor fijn stof – niet carcinogeen - geldt dat er geen concentratie zonder risico is. Conform de definitie van het MTR voor niet-carcinogene stoffen kan er dan geen gezondheidkundige advieswaarde worden berekend.
- Bij radon zou de afgeleide gezondheidkundige advieswaarde een factor 4 – 6 beneden de buitenluchtconcentraties liggen. Dat is technisch gezien niet haalbaar, temeer omdat de belangrijkste bronnen zich in Nederland binnenshuis bevinden. Hier is dus evenmin een advieswaarde afgeleid.
- Voor biologische agentia (schimmels, endotoxinen, allergenen) kan geen gezondheidkundige advieswaarde worden afgeleid omdat niet bekend is wat de gemeten concentraties in de woning zeggen over de kans op ziekte. De metingen fluctueren namelijk sterk als gevolg van woningeigenschappen, jaargetijde, bewonersgedrag, (noodzakelijkerwijs beperkte) meetduur, meetmethode en keuze van het meetpunt.

Beperkingen, voortvloeiend uit de afbakening

- Er is geen rekening gehouden met beschikbare meetmethoden. Daarom zal toetsing aan de advieswaarden soms lastig zijn, omdat metingen, door de aard van de emissies in het binnenmilieu, niet altijd representatief zijn voor de jaargemiddelde blootstelling.
- De keuze voor het afleiden van gezondheidkundige advieswaarden om de kwaliteit van het binnenmilieu te beoordelen, betekent dat er in het rapport geen aandacht is geschonken aan andere methoden om (hoog)risicosituaties op het spoor te komen. Gedoeld wordt op het waarnemen van vochtverschijnselen, het gebruik van specifieke bouwmaterialen of consumentenproducten en de aanwezigheid van bepaalde typen ventilatie- en verwarmingsvoorzieningen.
- Binnen dit project is alleen rekening gehouden met blootstelling via de lucht. Daardoor is een aantal onderwerpen die wellicht ook belangrijk zijn voor de kwaliteit van het binnenmilieu, buiten beschouwing gebleven.

2. Chemische stoffen

Voor een groot aantal chemische stoffen die in het binnenmilieu voorkomen, zijn grenswaarden beschikbaar voor de industriële omgeving. Deze MAC-waarden⁹ gelden voor een arbeidsleven dat wil zeggen 8 uur per dag; 5 dagen per week; gedurende maximaal 40 jaar en zijn bedoeld om werknemers te beschermen. Deze worden echter niet van toepassing geacht op de binnenlucht van woningen. Blootstelling kan hier immers 24 uur per dag plaatsvinden en dat 7 dagen per week gedurende een geheel mensenleven. Bovendien zijn werknemers over het algemeen een gezond deel van de bevolking. In woningen moeten echter ook gevoelige groepen veilig kunnen wonen. Een ander bezwaar is dat de hoogte van de MAC-waarde soms gedicteerd wordt door productieprocessen en niet door de mogelijke risico's voor de gezondheid.

Beschikbare waarden

Bij het beoordelen van de chemische agentia is daarom gezocht naar waarden die zijn afgeleid om zelfs bij levenslange blootstelling schadelijke effecten te voorkomen. Zoals in de inleiding beschreven is het uitgangspunt het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR). Het MTR kan worden uitgedrukt als een toegestane dagelijkse inname (TDI) of toelaatbare concentratie in de lucht (TCL). Omdat voor dit project alleen rekening is gehouden met blootstelling via de lucht, worden in dit hoofdstuk TCL's gepresenteerd. Voor een aantal stoffen heeft het RIVM eerder TCL's afgeleid. In dat geval is de beschikbare TCL overgenomen, als recente ontwikkelingen tenminste geen aanleiding gaven voor herziening. Indien geen TCL beschikbaar was, is beoordeeld of er voldoende gegevens over het betreffende agens bestaan in de toxicologische literatuur om een TCL af te leiden. Zo niet, dan is dit vermeld. In bijlage A is per stof weergegeven op basis van welke gegevens de advieswaarden tot stand zijn gekomen.

Overschrijding

Wanneer concentraties onder de advieswaarden worden gemeten is er conform de uitgangspunten geen schade voor de gezondheid te verwachten. Indien concentraties boven de advieswaarden worden aangetroffen, dient nadere beschouwing van de situatie plaats te vinden. In een dergelijke situatie kunnen acute grenswaarden zoals Acute Reference Doses voor bestrijdingsmiddelen en acute MRL's (Minimal Risk Levels) van US-ATSDR beschouwd worden. Met behulp van deze acute grenswaarden kunnen de (tijdelijke) overschrijdingen beoordeeld worden op hun ernst.

⁹ MAC (maximaal aanvaarde concentratie) voor de werkplek.

2.1. (Verbrandings)gassen en ‘klassieke luchtverontreinigingscomponenten’

Tabel 2.1. Advieswaarden (verbrandings)gassen en ‘klassieke luchtverontreinigingscomponenten.

Stof	Advieswaarde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Opmerkingen
CO	100 mg/m^3 (15 minuten) 60 mg/m^3 (30 minuten) 30 mg/m^3 (1 uur) 10 mg/m^3 (8 uur)	Binnenshuis dienen zich geen apparaten te bevinden die relevante hoeveelheden CO verspreiden. Als dat wordt vermoed, is emissie-onderzoek noodzakelijk, <i>ongeacht</i> de hoogte van de immissieconcentratie
NO ₂	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 hr) 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaargemiddeld)	Tijdens gebruik van afvoerloze verbrandingstoestellen (en bij onvoldoende ventilatie) kunnen zich kortdurend hoge NO ₂ pieken voordoen. Dit is schadelijk voor mensen met luchtwegaandoeningen.
SO ₂	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 minuten.) 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 uur) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaargemiddelde)	Er zijn, behalve bij het gebruik van kolenkachels met slechte afvoer, geen SO ₂ -bronnen binnenshuis
Fijn stof (PM ₁₀)	Voor fijn stof is nooit een drempelwaarde aangetoond. Er is dus geen veilige waarde af te leiden. ¹⁰	De waarde binnenshuis is, wanneer er niet wordt gerookt, circa 60 – 80% van die buitenshuis. Wanneer wel wordt gerookt, is de concentratie minimaal enkele malen hoger dan buitenshuis.
Ozon	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 uur)	Bronnen binnenshuis zijn bijv. Laserprinters, UV lampen.
PAK	1,2 ng B(a)P/ m^3 ¹¹	Kankerrisico van PAK wordt uitgedrukt als de concentratie benzo(a)pyreen

Alle in tabel 2.1. genoemde waarden betreffen waarden van de WHO (WHO, 2000). Deze zijn opgesteld met als doel de gezondheid te beschermen, waarbij geen onderscheid is gemaakt tussen binnen- en buitenlucht. Andere argumenten (als haalbaarheid of consensus tussen partijen) zijn hierin dus niet meegenomen. In die zin kunnen ze als gezondheidkundige advieswaarden worden beschouwd, zoals ze in het kader van dit project gedefinieerd zijn.

In 2003 heeft een werkgroep van de WHO voor fijn stof, ozon en NO₂ bekeken of de normen eventueel bijgesteld dienden te worden. Ten aanzien van fijn stof werd daarbij het eerdere standpunt bevestigd dat er geen drempelwaarde is te bepalen. Verder werd aangeraden ook PM_{2,5} in ogenschouw te nemen in relatie tot gezondheid. Voor NO₂ was geen nieuwe informatie die aanpassing van de waarde vereiste. Het voldoen aan de huidige grenswaarden zal volgens de WHO gunstig zijn voor de volksgezondheid. Wel wordt tevens opgemerkt dat er onduidelijkheid is over een drempelwaarde voor de werking van NO₂. Voor ozon is één van de aanbevelingen om de dosis-respons relaties te actualiseren (WHO, 2003).

¹⁰ Europese grenswaarden voor fijn stof in de buitenlucht zijn een jaargemiddelde van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en een daggemiddelde norm van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (met 35 toegestane overschrijdingen). Ook bij concentraties onder deze normen zijn gezondheidseffecten bij de bevolking te verwachten (Buringh et al., 2001)

¹¹ Recent is door een EU werkgroep (EU, 2003) een risicobeoordeling gemaakt. Vertaling naar het MTR levert een waarde van 1,2 ng/ m^3 . In de EU wordt echter 1 ng als ‘assessment threshold’ voorgesteld.

2.2. (Vluchtige) organische verbindingen

Vluchtige organische verbindingen kunnen onder andere in de woning terechtkomen door gebruik van consumentenproducten (onder andere schoonmaakmiddelen, verf, luchtverfrissers). Een aantal van deze stoffen kan ook in de woning komen door uitdamping vanuit een verontreinigde bodem of verspreiding vanuit een aangrenzend bedrijf. Voor dit project zijn de stoffen afzonderlijk beoordeeld (zie bijlage A voor de toxicologische onderbouwing). De Gezondheidsraad is overigens van mening dat vermeden moet worden dat de totale VOS-concentratie boven $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ komt, voornamelijk omdat: ‘chemo-sensorische waarnemingen ten gevolge van blootstelling aan VOS in het binnenmilieu kunnen worden opgevat als kritisch effect’ (GR 2000/10).

2.2.1. Aromatische verbindingen

Deze verbindingen zijn bestanddeel van onder andere lijmen, verven, drukinkt. Toelichting op de afleiding van deze waarden is gegeven in Bijlage A.

Tabel 2.2.1 Advieswaarden aromatische verbindingen

Stof	Advieswaarde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzeen	20 ¹²
Styreen	900
<i>Alkylbenzenen:</i>	
Tolueen	400
Xyleen	870
Ethylbenzeen	770
Som van Isopropylbenzeen, Trimethylbenzeen, Methylethylbenzeen, n-Propylbenzeen, n-butylbenzeen	870
HABS ¹³	800

2.2.2. Aldehyden

Voor formaldehyde adviseert de WHO $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 30 minuten gemiddelde ‘to prevent significant sensory irritation in the general population’ (WHO, 2000). VROM hanteert een MTR van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 30 minuten gemiddelde en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde. Het RIVM is van mening dat er uit toxicologisch oogpunt geen bezwaar is tegen het gebruik van dergelijke waarden, ook al heeft het in 1995 een TCL van $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ afgeleid. Wel moet dan, conform de WHO, het voorbehoud

¹² Deze waarde is gebaseerd op het MTR. De officiële Nederlandse grenswaarde uit het Besluit Luchtkwaliteit bedraagt $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in EU kader bestaat het voornemen om per 2010 een grenswaarde van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in te voeren

¹³ HBAS: *High-Boiling Aromatic Solvents*. Dit is een groep van aardolie afgeleide oplosmiddelen waarin hoge concentraties alkylbenzenen voorkomen (vooral methylethylbenzenen en trimethylbenzenen).

worden gemaakt dat sommige gevoelige individuen al bij concentraties onder het MTR irritatie kunnen ondervinden.

Overweging overige aldehyden

Voor de overige aldehyden is in bijlage A aangegeven welke informatie beschikbaar is. Deze gegevens zijn echter niet zonder meer geschikt om een TCL af te leiden. Daarvoor dient eerst nadere bestudering van 'ruwe' gegevens plaats te vinden. Dit was binnen dit project niet mogelijk. Derhalve kan voor de overige aldehyden geen advieswaarde worden gegeven.

2.2.3. Alifatische verbindingen

Deze stoffen bevinden zich met name in oliefracties. Toelichting op de afleiding van deze waarden is gegeven in bijlage A.

Tabel 2.2.3. Advieswaarden alifatische verbindingen

Stof	Advieswaarde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hexaan	200
Som van pentaan, heptaan, octaan	18400
Hogere alkanen (nonaan en hoger)	1000
Cyclohexaan	3000

2.2.4. Gechloreerde alifatische verbindingen

Deze verbindingen bevinden zich voornamelijk in verven, lakken, inkt, lijmen. Toelichting op de afleiding van deze waarden is gegeven in bijlage A.

Tabel 2.2.4. Advieswaarden gechloreerde alifatische verbindingen

Stof	Advieswaarde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dichloormethaan	3000
Trichloormethaan (chloroform)	100
1,2 dichloorethaan	48 ¹⁴
1,1,1,- trichloorethaan	380
1,2 dichloorpropaan	12
Trichlooretheen (tri)	200
Tetrachlooretheen (per)	250

2.2.5. Gechloreerde benzenen

Deze verbindingen bevinden zich voornamelijk in verven, desinfecterende middelen, insecticiden. Toelichting op de afleiding van deze waarden is gegeven in bijlage A.

¹⁴ Voorlopige waarde, want deze is gebaseerd op orale data.

Tabel 2.2.5. Advieswaarden gechloreerde benzenen

Stof	Advieswaarde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Chloorbenzeen	500
1,4 Dichloorbenzeen	670
Trichloorbenzeen	50

2.3. Bestrijdingsmiddelen

Tabel 2.3 Advieswaarden bestrijdingsmiddelen

Stof	Advieswaarde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toepassing (o.a.)
Chloorpyrifos	3	Insecticide; ongediertespray
Foxim	Niet afleidbaar	Insecticide; mierenlokdoos
Tetramethrin	Niet afleidbaar	Insecticide
Trichloorfon	Niet afleidbaar	Insecticide; mierenlokdoos
Propoxur	22	Insecticide; ongediertepoeder
Alkyldimethylbenzyl- ammoniumchloride	Niet afleidbaar	Desinfectantia
Didecyldimethyl- ammoniumchloride	Niet afleidbaar	Desinfectantia

In huis worden vele bestrijdingsmiddelen gebruikt. Ook bestrijdingsmiddelen die buitenshuis worden gebruikt (bijvoorbeeld in de landbouw) kunnen in huis terechtkomen. Voor dit project hebben wij ons echter beperkt tot producten die daadwerkelijk bedoeld zijn om binnenshuis te gebruiken.

Om deze te selecteren, is een aantal stappen doorlopen:

1. Als basis diende de lijst met stoffen die door de begeleidingscommissie is vastgesteld (deltamethrin, permethrin, tetramethrin; alle behorende tot de stofgroep pyrethrinen/pyrethroiden)
2. Vervolgens is gezocht welke stoffen nog meer in producten voor gebruik binnenshuis zijn toegelaten door het College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen (CTB).
3. Tenslotte is gezocht naar toepassingen van producten uit stap 2, en zijn de laatste aanvullingen op de lijst gedaan op basis van literatuur en communicatie met CTB.

Afbraaksnelheid en vluchtigheid bepalen of stoffen zich kunnen ophopen. Voor de stoffen waarvoor dat niet direct bekend was, is dit nagezocht. Alleen voor de stoffen waar deze eigenschappen dusdanig zijn dat ze zich (theoretisch) zouden kunnen ophopen in het binnenmilieu, is een TCL afgeleid. In bijlage A wordt beschreven op basis van welke informatie de advieswaarden zijn afgeleid.

Ad 2 Databestand CTB

Het CTB beoordeelt per produkt de toelating. Hierbij wordt het risico tijdens het gebruik beoordeeld, en ook het risico voor personen (met name kinderen) die later met de stof in contact komen, bijvoorbeeld doordat ze zich in de ruimte bevinden waar het produkt is toegepast. Beoordeling vindt plaats *per produkt*. Het gebruik van 1 produkt kan dus (bij normaal gebruik) als veilig worden beschouwd.

Vooral de produktgroep biociden omvat produkten die binnenshuis gebruikt worden. Bij het CTB is binnen deze produktgroep een onderverdeling gemaakt naar toepassing. Drie subcategorieën worden hier met name van belang geacht (tussen haakjes het door CTB aantal toegelaten middelen in deze categorie):

1. Desinfecterende middelen voor privé gebruik en openbare gezondheidszorg, alsmede andere biociden (N=207)
2. Insecticiden, acariciden en producten voor andere geleedpotigen (N=108)
3. Conserveringsmiddelen voor metselwerk (N=77)

De complete lijst is weergegeven in bijlage B.

Na deze eerste selectie blijven dus nog bijna 400 toegelaten produkten over die in principe binnenshuis kunnen worden gebruikt. Voor stoffen die in meer dan 10 produkten voorkomen, is nagegaan wat de toepassing van deze middelen is (stap 3). Deze grens is bedoeld om een selectie te maken van de meest relevante stoffen, op grond van de mogelijkheid dat ze door het gebruik van meer produkten tegelijk in het binnenmilieu terechtkomen.

Ad 3 Verdere selectiecriteria

Een groot aantal van deze produkten is eigenlijk bedoeld voor industrieel gebruik of gebruik in ziekenhuizen. Ook zijn veel middelen toegelaten voor gebruik in de tuin. Deze zijn hier verder buiten beschouwing gelaten.

Quaternaire ammoniumverbindingen, zoals alkyldimethylbenzylammoniumchloride en didecyldimethylammoniumchloride zijn verwerkt in vele schoonmaakmiddelen voor gebruik in ziekenhuizen en andere grote instellingen. De Gezondheidsraad geeft echter aan dat deze stoffen ook steeds meer als bestanddeel voor huishoudelijke produkten voorkomen, zoals afwasmiddelen, allesreinigers en schoonmaakdoekjes (GR, 2001). Daarom zijn deze stoffen gehandhaafd op de lijst.

Bij navraag bij het CTB werd aangegeven dat in veelgebruikte schimmelwerende verven thiram, carbendazim en ziram als werkzame stof zijn toegevoegd. Daarom is overwogen om deze stoffen toe te voegen aan de lijst. Op grond van hun geringe vluchtigheid is blootstelling aan deze stoffen via inhalatie waarschijnlijk laag. Dit geldt ook voor deltamethrin (onder andere in wespenpoeder), permethrin en piperonylbutoxide (bestanddeel van oa vliegen en muggenspray). Deze stoffen zijn daarom ook niet opgenomen in tabel 2.3.

In de tabel zijn de overgebleven stoffen met een eventuele TCL weergegeven.

Bij het afleiden van deze TCL's zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er is niet gekeken naar de toepassingsfase (dit beoordeelt CTB)
- 'Chronische inhalatie' na toepassing is de veronderstelde blootstellingsroute.
- Oraal en dermaal contact is niet in oenschouw genomen

Zie bijlage A voor de onderbouwing van de waarden in tabel 2.3.

Overweging

Bij het opstellen van een lijst van bestrijdingsmiddelen is onder andere hun vluchtigheid gebruikt als criterium. Op deze manier zijn in elk geval stoffen geselecteerd waaraan blootstelling het waarschijnlijkst is. Echter ook bestrijdingsmiddelen die niet bijzonder vluchtig zijn, kunnen langzaam in de lucht terechtkomen. Indien ze dan toch zeer schadelijk zijn, zou het toch relevant kunnen

zijn iets te weten over een concentratie waarbij geen effect op de gezondheid optreedt. Omdat het CTB echter producten test voor de toelating, wordt in elk geval niet verwacht dat bij het gebruik van het produkt of bij herbetreding van de ruimte effecten op de gezondheid optreden. Mogelijk hopen enkele bestrijdingsmiddelen zich op in huisstof. Daarover is minder bekend, en ook voor het opstellen van advieswaarde is er, omwille van het afbakenen van het project, voor gekozen om alleen met directe blootstelling via de lucht rekening te houden.

2.4 Zware metalen

Tabel 2.4. Advieswaarden zware metalen

Metaal	Advieswaarde in ng/m ³
Kwikdamp	50 (jaargemiddelde)
Lood	500 (jaargemiddelde)

Het aantal zware metalen dat ooit is aangemerkt als een probleemstof in het binnenmilieu van woningen, is beperkt. Alleen kwik (vanwege de vluchtigheid) en lood (vanwege het universele gebruik) zijn uiteindelijk in de lijst van agentia opgenomen. Omdat er zoveel bronnen van lood zijn (waren) en kinderen extra gevoelig zijn, adviseert de WHO om bij risicoschattingen rekening te houden met de mogelijke aanwezigheid van lood in huisstof. Een specifieke waarde voor lood in huisstof wordt echter niet gegeven.

Overweging

Voor een aantal overige metalen bestaan ook WHO-guidelines. Inmiddels heeft een EU werkgroep (EU, 2003) zich over een deel hiervan gebogen. Daarom zijn in dit rapport niet zonder meer de overige WHO-guidelines overgenomen.

2.5 Asbest en minerale vezels

Tabel 2.5. Advieswaarden asbest en minerale vezels

Agens	Advieswaarde (in ve/m ³)	Opmerkingen
Asbest	100.000 (jaargemiddelde)	Zie 2.3.1.
Minerale vezels	100.000 (jaargemiddelde)	Geldt voor het vezeltype 'Refractory Ceramic Fibres' Zie 2.3.2.

2.5.1. Asbest

Het MTR is gelijk aan 100.000 vezelequivalenten (ve) per m³ gemiddeld over een jaar. Deze norm geldt voor de niet-beroepsmatig blootgestelde bevolking, zowel binnen als buitenshuis.

Het gebruik van vezelequivalenten weerspiegelt de verschillen in effect van de verschillende vezeltypes. De volgende typering geldt:

- Chrysotielvezels < 5 micron hebben een equivalentiefactor van 0,1
- Idem > 5 micron een equivalentiefactor van 1

- Amfibole vezels van < 5 micron hebben een equivalentiefactor van 1.
- Idem van > 5 micron een factor van 10.

Het karakteriseren van de vezels dient te geschieden met een elektronenmicroscop.

2.5.2. Minerale vezels

MMVF (Man-made Vitreous Fibres) als steenwol en glaswol, worden meer en meer toegepast. De IARC heeft verschillende typen vezels ondergebracht in groep 2b (possibly carcinogenic to humans). De zogenaamde glass filaments kunnen door de IARC niet worden geclassificeerd en komen dus terecht in groep 3 (not classifiable as to carcinogenicity in humans).

Voor één van deze vezeltypen, de RCF (Refractory Ceramic Fibres) die bijna uitsluitend industrieel worden toegepast, heeft de WHO een Air Quality Guideline (AQG) afgeleid vanwege de kans op longtumoren. Wanneer deze norm wordt omgerekend naar het (Nederlandse) MTR is deze 100.000 vezels per m³ voor levenslange blootstelling. Voor de andere soorten vezels zijn er in de ogen van de WHO onvoldoende gegevens om een AQG af te leiden.

De paar studies naar buitenluchtconcentraties van (alle) MMVF lieten getallen zien van 2 vezels per m³ op het platteland tot 1700 vezels per m³ in een stedelijke omgeving. Tijdens het aanbrengen van het materiaal variëren de concentraties van 500.000 – 2.000.000 vezels per m³. Dat is overigens hoger dan die tijdens het productieproces (100.000 per m³).

2.6. Referenties

- Baars A.J., Theelen R.M.C., Janssen P.J.C.M., Hesse J.M., Apeldoorn M.E. van, Meijerink M.C.M., Verdam L., Zeilmaker M.J. (2001). Herevaluatie van humaan-toxicologische maximum toelaatbare risico-waarden. RIVMrapport 711701025, RIVM, Bilthoven.
- Buringh E., Opperhuizen A. (eds) (2002). Over de gezondheidsrisico's van fijn stof in Nederland. RIVMrapport 650010032, RIVM, Bilthoven.
- EU (2003) Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air. COM (2003) 423 Final.
- Gezondheidsraad (2000). Vluchtige organische stoffen uit bouwmaterialen in verblijfsruimten. GR, Den Haag, publicatienummer 2000/10.
- Gezondheidsraad 2001. Desinfectantia in consumentenprodukten. Signalement. GR,. Den Haag, publicatienummer 2001/05.
- WHO (2000). Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. WHO regional publications, european series, No 91.
- WHO (2003) Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Report on a WHO Working Group. Bonn, Germany 13– 15 January 2003.

3. Fysische factoren

Tabel 3.1. Advieswaarden fysische factoren

Agens	Advieswaarde	Opmerking
Temperatuur	Geen advieswaarde	Zie 3.1.
Vocht	Geen advieswaarde	Zie 3.2.
Geluid	Dag 35 LAEq (dB) (16 uur) Nacht 30 LAEq (dB) (8 uur)	Zie 3.3
Straling		
<i>Radon</i>	Geen advieswaarde	Zie 3.3.1.
<i>NIS (0-300 GHz)</i>	Geen advieswaarde	Zie 3.3.2

3.1. Temperatuur

Aan de temperatuur binnenshuis worden in het Bouwbesluit geen specifieke eisen gesteld. In het algemeen worden temperaturen van zo'n 18 – 25°C behaaglijk gevonden. Dit wordt in beperkte mate beïnvloed door de relatieve vochtigheid. Bij een hogere relatieve vochtigheid (circa 80%) mag de temperatuur zo'n 2 tot 3 graden lager zijn.

Ouderen en zieken hebben wat meer warmte nodig, onder andere omdat zij minder bewegen. Voor astma-patienten wordt een temperatuur geadviseerd van rond de 20°C en wordt afgeraden om het huis 's nachts te laten afkoelen tot 15°C. Hierdoor treedt namelijk condensatie op op koude oppervlakken – immers de relatieve vochtigheid neemt toe bij lagere temperatuur – wat de groei van schimmels en huisstofmijt bevordert.

Geen advieswaarde

Omdat epidemiologisch onderzoek naar de effecten van temperatuur op de gezondheid met name is gericht op de buitentemperatuur, kunnen resultaten van deze onderzoeken niet direct vertaald worden naar de situatie binnenshuis, waar mensen zelf beïnvloedingsmogelijkheden hebben. Een gezondheidkundige advieswaarde is daarom niet vastgesteld.

3.2. Vocht

In het Bouwbesluit (ook on-line te raadplegen) zijn artikelen opgenomen over de 'wering van vocht van binnen en van buiten' en over luchtverversing. Doel daarvan is het tegengaan van vochtophopingen, om de groei van schimmels of huisstofmijt te voorkomen. Deze artikelen zijn enerzijds gericht op het voorkomen van koudebruggen (met als probleem: condensatie) en de wering van regenwater en optrekkend vocht, anderzijds op een goede afvoer van het geproduceerde vocht in huis. Om te controleren of de voorzieningen aan de eisen voldoen is een groot aantal NEN-normen geformuleerd, die precies aangeven hoe gecontroleerd moet worden en of constructies aan de eisen voldoen. Het zou te ver voeren daar hier op in te gaan. De praktijk heeft echter geleerd dat het voldoen aan de eisen van de artikelen in het Bouwbesluit niet altijd een garantie is voor een voldoende 'droog' binnenklimaat.

Relatie tussen vocht en gezondheid

Er bestaat een opmerkelijk consistente associatie tussen vocht in de woning en het voorkomen van luchtwegsymptomen. Een recente literatuurstudie op basis van 61 studies concludeerde dat er een significant verband was tussen vocht in de woonomgeving en het voorkomen van luchtwegsymptomen zoals hoesten en piepen op de borst en in mindere mate met astma (Bornehag et al., 2001). Dit is in Nederland (Cuijpers et al., 1995; Brunekreef, 1992) en het buitenland (Andriessen et al., 1998; Peat et al., 1998; Nafstad et al., 1998; Norback et al., 1998; Zock et al., 2002) aangetoond in zowel kinderen en volwassenen. In enkele studies is ook een dosis-effect relatie tussen de mate van vochtproblemen en het voorkomen van luchtwegsymptomen gevonden (Williamson et al., 1997; Engvall et al., 2001). Naast effecten op de luchtwegen is vocht in woningen ook in verband gebracht met minder specifieke symptomen zoals misselijkheid, hoofdpijn en zelfs een verhoogd risico op luchtweginfecties (Pirhonen et al., 1996; Li et al., 1997; Kilpeläinen et al., 2001). Het bewijs voor een relatie tussen vocht in de woonomgeving en gezondheidseffecten is sterk. Op het moment is niet duidelijk of vochtproblemen in de woonomgeving alleen reeds bestaande luchtwegcondities (astma, COPD) verergeren (secundaire causatie) of dat deze ook primair verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van deze aandoeningen (primaire causatie) (Douwes and Pearce, 2003).

Een groot deel van de Nederlandse populatie leeft in vochtige woningen. Een studie uit 1985 uitgevoerd in opdracht van het ministerie van VROM onder woningcorporaties die zo'n 1,6 miljoen huizen beheerden (bijna 1/3 van het toenmalige huizenbestand) gaf aan dat ongeveer 18% van deze huizen vochtproblemen hadden (Tammes et al., 1985). Een latere studie uitgevoerd in 1989-1991 liet zien dat zo'n 20% van het totaal aantal onderzochte huizen (ongeveer 6 miljoen) enige mate van vochtproblemen had (VROM, 1993). Twee epidemiologische studies in respectievelijk volwassenen en kinderen begin jaren '90 in Helmond (n=3340; Brunekreef, 1992) en Maastricht (470; Cuijpers et al., 1995) bevestigen dit beeld waarbij 20-25% van de ondervraagden aangaven in woningen met vochtproblemen te wonen. 'Vochtige woningen' waren in deze studies gedefinieerd als de aanwezigheid van vocht en/of schimmelplekken in de woning. De populatie 'at risk' is dus groot. De meest gevoelige groep - personen met reeds bestaande luchtwegaandoeningen zoals astma en COPD - is ook relatief groot. Maatregelen om vochtproblemen te voorkomen zijn dus essentieel en hebben de potentie een wezenlijk bijdrage te leveren in het verbeteren van de volksgezondheid. Deze stelling wordt ondersteund door de World Health Organisation (WHO) in haar rapport 'Concern for Europe's tomorrow' waarin blootstelling aan vochtige woningen wordt aangemerkt als de meest frequente milieublootstelling met gezondheidsrisico's in Europa (WHO, 1994).

Het is niet duidelijk welke specifieke blootstellingen in vochtige woningen verantwoordelijk zijn voor de geobserveerde gezondheidseffecten. In de literatuur wordt een belangrijke rol voor biologische agentia (zie definitie in hoofdstuk 4) gesuggereerd en met name voor schimmels en huisstofmijten (vocht is voor beiden een kritische factor in de ontwikkeling en overleving). Naast biologische stoffen kunnen mogelijk ook chemische stoffen een rol spelen aangezien vocht de afbraak van bouwmaterialen kan veroorzaken en daarmee de emissie van chemische stoffen uit bouwmaterialen kan verhogen.

Geen advieswaarde

Een groot aantal epidemiologische studies laat een consistente associatie zien tussen vochtige woningen en gezondheidseffecten. Echter nagenoeg al deze studies zijn gebaseerd op kwalitatieve blootstellingschattingen aan de hand van vragenlijstgegevens (vocht en/of schimmels in huis, condensatie op ramen, waterschade, lekkages, ondergelopen kelders, etc). De vragen in deze studies zijn niet gestandaardiseerd en dus onderling niet te vergelijken. Ook is de relatie met meer objectieve metingen van bijvoorbeeld de relatieve luchtvochtigheid in een huis niet eenduidig. Een 'vochtige woning' is dus niet eenduidig gedefinieerd en er zijn geen algemeen geaccepteerde methoden voor het meten van vochtproblemen in de woonomgeving. Het gebrek aan kwantitatieve data betekent dat momenteel geen *gezondheidkundige* advieswaarde voor vocht in woningen kan worden afgeleid.

Overweging over temperatuur, vocht en ventilatie (zie 5.2)

Deze fysische factoren zijn alledrie van groot belang voor het comfort in huis en ook indirect voor de gezondheid, omdat zij in onderlinge samenhang invloed hebben op concentraties van stoffen binnenshuis. Voor deze fysische factoren bestaan vooral aanbevelingen in de bouwtechnische sfeer. Het is niet zonder meer mogelijk hiervoor gezondheidkundige advieswaarden te geven. Gezien de invloed van deze factoren en hun onderlinge samenhang, verdient het aanbeveling de combinatie van deze factoren nader te bekijken.

3.3. Geluid

In 1999 heeft de WHO nieuwe richtlijnen uitgebracht met betrekking tot omgevingslawaai (Berglund et al., 1999). Deze zijn terug te vinden in tabel 3.1. Deze richtwaarden stemmen niet allemaal overeen met eerder gepubliceerde waarden van onder andere de Gezondheidsraad. Een voorbeeld is de grenswaarde voor hinder. Volgens de Gezondheidsraad treedt hinder op vanaf ongeveer 42 dB(A) en volgens de WHO vanaf 50 dB(A). Voor hart- en vaatziekten worden door de WHO geen richtlijnen gegeven. Grofweg kan worden geconcludeerd dat de welzijnseffecten (zoals hinder en slaapverstoring) optreden vanaf ongeveer 35 dB(A) binnenshuis of 50 dB(A) buitenshuis. De meer klinische effecten (zoals gehoorschade en hart- en vaatziekten) treden volgens de WHO en de Gezondheidsraad op boven ongeveer 65-70 dB(A) (binnen en buiten). Scherpe grenswaarden waarboven effecten kunnen gaan optreden zijn moeilijk aan te geven (Van Kempen et al., 2001).

Ook kunnen andere factoren de reactie op geluid beïnvloeden, zoals individuele (niet-akoestische) factoren, bijvoorbeeld geluidgevoeligheid of angst voor de geluidbron, en de omstandigheden waarin het geluid wordt waargenomen, bijvoorbeeld wanneer de geluidbron vanuit de woning zichtbaar is en verstoring door geluid optreedt tijdens een activiteit waarvoor concentratie is vereist. Bij gevoelige groepen (onder andere ouderen, zieken, jonge kinderen, mensen met een gehoorbeschadiging) kunnen ook bij lagere geluidniveaus al aanzienlijke effecten optreden (WHO, 2000).

In bijlage C is een overzicht opgenomen van alle vermoede en bewezen gezondheidseffecten van geluid (engelstalige tabel, overgenomen van de Wereld Gezondheidsraad, WHO, 2000).

3.4. Straling

3.3.1. Radon

Volgens de Gezondheidsraad zijn er in Nederland per jaar ongeveer 800 sterfgevallen (spreiding 100 – 1200) toe te schrijven aan blootstelling aan radon binnenshuis. In nieuwbouwwoningen worden doorgaans hogere radonconcentraties gevonden dan in oudere woningen. Dat is deels het gevolg van de afnemende luchtdoorlatendheid van de schil – in verband met eisen aan de energieprestatie van nieuwe woningen – deels van een toenemend gebruik van steenachtige bouwmaterialen. De gemiddelde radonconcentratie in Nederland neemt dus langzamerhand toe. Overigens is Nederland een land met lage radonconcentraties, vanwege het nagenoeg ontbreken van gebieden met een significante emissie uit de bodem.

De inspanning van het ministerie van VROM is er tot nu toe vooral op gericht het risico niet verder te doen toenemen. Hiervoor heeft het de SPN (Stralings Prestatie Norm) ontwikkeld. Invoering hiervan stuitte echter op veel weerstand, zodat hiervan voorlopig is afgezien. De door ‘Europa’ gestelde interventie-richtlijnen tenslotte zijn vooral gericht op bestaande bouw. Het gaat dan om hoge concentraties ($> 400 \text{ Bq/m}^3$). Voor nieuwbouw worden lagere maxima voorgesteld ($< 200 \text{ Bq/m}^3$). Beide grenzen worden in Nederland niet overschreden.

Geen advieswaarde

Voor radon is geen gezondheidkundige advieswaarde vastgesteld. De eerder genoemde 800 sterfgevallen komen overeen met zo'n 50 sterfgevallen per 1.000.000 mensen per jaar. Wanneer het risico teruggebracht zou dienen te worden tot een waarde die met het MTR overeenkomt (1 sterfgeval per 1.000.000 personen per jaar), zou de binnenluchtconcentratie dus met een factor 50 moeten worden teruggebracht. Bij een gemiddelde blootstelling in Nederland van 24 Bq/m^3 betekent dat een reductie tot zo'n $0,5 \text{ Bq/m}^3$, nog beneden de heersende buitenluchtconcentratie van 3 Bq/m^3 . Voor het bereiken van radonconcentraties in nieuwbouwwoningen die vergelijkbaar zijn met die in de buitenlucht zouden totaal andere bouwmethoden noodzakelijk zijn (bijvoorbeeld houten woningen op palen of constructies van staal en glas). Dit is, aldus het ministerie van VROM, in praktische zin op grote schaal niet mogelijk¹⁵.

3.3.2. Niet Ioniserende Straling (NIS)

Niet-ioniserende straling (NIS, frequenties: 0 Hz – 300 GHz) bestaat uit elektromagnetische (EM) golven met een te lage energie om atomen te ioniseren. Daardoor zijn de effecten op de gezondheid anders dan van ioniserende straling. UV-straling vormt daarbij een grensgeval. Niet-ioniserende straling omvat een breed scala stralingstypen met sterk uiteenlopende eigenschappen en heeft een grote variëteit aan bronnen.

¹⁵ ‘Nuchter omgaan met risico’s; beslissen met gevoel voor onzekerheden’, nota aan Tweede Kamer. (30 01 04).

Binnenshuis zijn vooral de volgende frequenties en toepassingen van belang:

- 50 Hz: Elektrische apparaten in huis (stofzuiger, wasmachine, scheerapparaat, haardroger, etc.) vormen een bron van deze frequentie. Daarnaast kunnen bewoners worden blootgesteld aan ELF¹⁶-velden van hoogspanningslijnen en andere onderdelen van het elektriciteitsnet die zich in de buurt van de woning bevinden.
- 900 / 1800 MHz: Voor mobiele telefonie zijn 2 systemen in gebruik: GSM (Global System for Mobile Communications) en DCS (Digital Communications System). Deze systemen maken gebruik van respectievelijk 900 en 1800 MHz. Bewoners worden blootgesteld aan het elektromagnetische veld rond de basisstations. Tijdens gebruik van de mobiele telefoon wordt deze blootstelling tijdelijk verhoogd.
- 2100 MHz: De volgende generatie mobiele telefonie UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) maakt gebruik van deze frequenties.

Basisrestricties en referentieniveaus

Een EU-aanbeveling uit 1999 (EU, 1999), gericht op beperking van de blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden, speelt momenteel een centrale rol in de Europese beleidsontwikkeling. De EU-aanbeveling is gebaseerd op een 'guideline' van de ICNIRP (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection) gepubliceerd in 1998 (ICNIRP 1998). Deze richtlijn gaat uit van kortetermijn, acute effecten: zenuwstimulatie, het waarnemen van lichtflitsen en opwarming van het lichaam. Als toegestane blootstelling voor de bevolking legt ICNIRP de zogenaamde basisrestricties vast; deze bedragen circa 2% van de blootstelling waarboven de genoemde effecten zijn waargenomen. Om praktisch redenen heeft ICNIRP de basisrestricties omgerekend naar referentieniveaus die eenvoudiger meetbaar zijn. Voor elke frequentie van 0 Hz tot 300 GHz geeft de richtlijn een berekeningsvoorschrift voor de referentieniveaus. Voor de meest voorkomende frequenties van bronnen binnenshuis zijn de referentieniveaus uit de ICNIRP-richtlijn in tabel 3.3.2. weergegeven.

Tabel 3.3.2. Referentieniveaus uit de ICNIRP richtlijn.

ELF 50 Hz	E-veld ¹⁷ : 5 kV/m H-veld: 80 A/m B-veld: 100 μ T
RF ¹⁸ 900 MHz	E-veld: 41 V/m H-veld: 0,11 A/m B-veld: 0,14 μ T
RF 1800 MHz	E-veld: 58 V/m H-veld: 0,16 A/m B-veld: 0,20 μ T
RF 2100 MHz	E-veld: 61 V/m H-veld: 0,16 A/m B-veld: 0,20 μ T

¹⁶ ELF: Extreem Laag Frequent

¹⁷ De EU-aanbeveling bevat aparte referentiewaarden voor de sterkte van het elektrisch veld (E-veld in V/m), de sterkte van het magnetische veld (H-veld in A/m) en voor de magnetische fluxdichtheid (B-veld in μ T).

¹⁸ RF: Radio Frequent

De Gezondheidsraad heeft ook adviezen uitgebracht over blootstelling aan elektromagnetische velden (GR, 2000a, GR 1997), die op enkele punten van de EU-aanbeveling afwijken. Omwille van de internationale afstemming heeft Nederland besloten de waarden van de ICNIRP en aanbevolen door de EU aan te houden in plaats van de, enigszins minder stringente, waarden van de Gezondheidsraad (VROM/VWS 2001).

In een recent onderzoek bleek blootstelling aan radiofrequente (RF) velden van circa 2100 MHz met een elektrische veldsterkte van 1 V/m (een factor 60 onder het referentieniveau voor deze frequentie) het 'welbevinden' van proefpersonen nadelig te beïnvloeden (Zwamborn et al., 2003). Hierdoor is onzeker geworden of blootstelling onder het referentieniveau geen (kortetermijn) effecten heeft. Definitieve conclusies hierover zijn op basis van dit onderzoek nog niet mogelijk.

Een andere actuele discussie betreft de mogelijke relatie tussen blootstelling aan ELF-velden en het optreden van miskramen. Twee studies uit 2002 vormen een aanwijzing voor een mogelijk verband tussen blootstelling aan ELF-velden (60 Hz) tijdens de zwangerschap en de kans op een miskraam (Lee 2002, Li 2002). Kortdurende blootstelling aan veldsterkten boven 1,6 μ T bleek het risico op een miskraam significant te verhogen, terwijl geen relatie werd gevonden tussen de gemiddelde veldsterkte en het optreden van miskramen. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of het hier om een consistent, reproduceerbaar verband gaat.

Langetermijneffecten

Over mogelijke langetermijneffecten merkt ICNIRP in de genoemde richtlijn op dat: 'In the case of potential long-term effects of exposure, such as an increased risk of cancer, ICNIRP concluded that available data are insufficient to provide a basis for setting exposure restrictions, although epidemiological research has provided suggestive, but unconvincing, evidence of an association between possible carcinogenic effects and exposure at levels of 50/60 Hz magnetic flux densities substantially lower than those recommended in these guidelines.'

Sinds de publicatie van de ICNIRP-richtlijn in 1998 hebben de aanwijzingen voor een mogelijk verband tussen 50 Hz magnetische velden en de kans op leukemie bij kinderen een meer consistent karakter gekregen, vooral door de publicatie van twee omvangrijke epidemiologische studies in 2000 (zie Van der Plas et al., 2001 voor meer informatie). De Gezondheidsraad spreekt van een 'redelijk consistente associatie' maar acht een oorzakelijk verband niet aannemelijk omdat er geen plausibel biologisch mechanisme bekend is dat het verband tussen blootstelling aan EM-velden en leukemie kan verklaren (GR, 2000; GR, 2001). De WHO heeft de 50 Hz magnetische velden als 'mogelijk carcinogeen' geïdentificeerd.

Uitgaande van epidemiologisch onderzoek, zou een mogelijk verhoogd risico op kinderleukemie kunnen optreden bij blootstelling aan magnetische velden met veldsterkte hoger dan ergens tussen 0,2 μ T en 0,5 μ T (Van der Plas et al., 2001). Deze waarden liggen een factor 200-500 onder het referentieniveau voor 50 Hz in de ICNIRP-richtlijn.

Met betrekking tot de RF-velden afkomstig van mobiele telecommunicatie moeten de resultaten van lopend onderzoek worden afgewacht voordat een definitieve conclusie

kan worden getrokken over het bestaan van een oorzakelijk verband met het ontstaan of bevorderen van kanker.

De ICNIRP-richtlijn houdt geen rekening met mogelijke gezondheidseffecten die door lage blootstelling gedurende vele jaren zouden kunnen optreden.

Geen advieswaarde

Op dit moment kunnen volgens RIVM voor niet-ioniserende straling, zowel in het laagfrequente als in het radiofrequente gebied, geen waarden voor de blootstelling worden afgeleid waaronder het risico voor de bewoners bij levenslange blootstelling afwezig of verwaarloosbaar is. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:

1. De momenteel gebruikte basisrestricties en referentieniveaus zijn gebaseerd op acute effecten na relatief kortdurende blootstelling;
2. De gevolgen van langdurige blootstelling aan waarden onder deze basisrestricties en referentieniveaus zijn niet duidelijk.

3.5. Referenties

- BEIR VI. (1998) National Research Council: Committee on Health Risks of Exposure to radon (BEIR VI). Health Effects of exposure to radon. Washington DC, National Academy Press.
- EU (1999). Raad van de Europese Gemeenschappen. Aanbeveling van de Raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz - 300 GHz. Publicatieblad Van De Europese Gemeenschappen 1999/519/EG
- Fast T., Bruggen M. van (2004). Beoordelingskader gezondheid en milieu: GSM basisstations, legionella, radon, fijn stof en geluid door wegverkeer. RIVM rapport 609031001 (in voorbereiding).
- Gezondheidsraad (1997). Commissie Radiofrequente straling. Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz - 300 GHz). Rijswijk: Gezondheidsraad, 1997; publicatie nr. 1997/01.
- Gezondheidsraad (2000a). Commissie ELF elektromagnetische velden. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz - 10 MHz). Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; 2000/6.
- Gezondheidsraad (2000b). Radon. Toetsing rapport BEIR VI. GR rapport 2000/05.
- Gezondheidsraad (2001) Elektromagnetische velden: jaarbericht 2001. Den Haag, Gezondheidsraad, 2001, publicatie nr. 2001/14.
- Gezondheidsraad (2003). Gezondheid en milieu: kennis voor beleid. Den Haag, Gezondheidsraad, 2003, publicatie nr. 2003/20.
- ICNIRP (1998) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998; 74(4):494-522.
- Kempen E.E.M.M. van, Kruize H., Boshuizen H.C., Ameling C.B., Staatsen B.A.M., de Hollander AEM. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease. Environ Health Perspect 2002; 110: 307-17.
- Lee M.G., R.R. Neutra, L. Hristova, M. Yostand, R.A. Hiatt A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages Epidemiology 13, 21-31, 2002

- Li D., Odouli R., Wi S., Janevic T., Golditch I., Bracken T.D., Senior R., Rankin R., Iriye R. A population based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage *Epidemiology* 13, 9-20, 2002
- Stoop P., Glastra P., Hiemstra Y., de Vries L., Lembrechts J. (1998). Resultaten van het tweede landelijke onderzoek naar radon in woningen. RIVMrapport 6100058006, RIVM, Bilthoven.
- Van der Plas M., Houthuijs D.J.M., Dusseldorp A., Pennders R.M.J., Pruppers M.J.M., (2001). Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen, RIVM rapport 610050007. RIVM, Bilthoven, 2001.
- VROM/VWS (2001) Brief van de Ministers van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Volksgezondheid, Welzijn en Sport aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal. Tweede Kamer, vergaderjaar 2000-2001, 27 561, nr. 13, 8 juni 2001.
- WHO (1999) Berglund B., T. Lindvall and D.H. Schwela (eds.). Guidelines for community noise. World Health Organisation, Genève.
- Zwamborn A.P.M., Vossen S.H.J.A., Van Leersum B.J.A.M., Ouwens M.A., Mäkel W.N. (2003). Effects of global communication system radio-frequency fields on well being and cognitive functions of human subjects with and without subjective complaints. TNO-report FEL-03-C148. TNO Physics and Electronic Laboratory, september 2003.

4. Biologische agentia

Tabel 4.1. Advieswaarden biologische agentia

Agens	Advieswaarde	Opmerking
Schimmels	Geen advieswaarde	Zie 4.1
Schimmelcomponenten		
$\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen	Geen advieswaarde	Zie 4.2.1.
Allergenen	Geen advieswaarde	Zie 4.2.2.
Mycotoxinen	Geen advieswaarde	Zie 4.2.3.
Microbiële VOC's	Geen advieswaarde	Zie 4.2.4.
Bacteriën	Geen advieswaarde	Zie 4.3.
Bacteriële componenten		
Endotoxinen	Geen advieswaarde	Zie 4.4.1
Peptidoglycanen	Geen advieswaarde	Zie 4.4.2
Huisstofmijtallergenen	Geen advieswaarde	Zie 4.5.
Huidier- en kakkerlak allergenen	Geen advieswaarde	Zie 4.6.

In dit rapport worden 'biologische agentia' gedefinieerd als agentia of microfragmenten afkomstig van planten, dieren of micro-organismen. Algemeen in het milieu voorkomende biologische agentia zijn dode en levende schimmels (inclusief gisten) en bacteriën, sporen, allergenen, toxinen van deze micro-organismen, pollen en pollenallergenen, mijten en mijtallergenen, huisdier- en kakkerlakallergenen, microbiële vluchtige organische verbindingen, algen, amoeben, protozoa en virussen. Infectieuze micro-organismen worden in dit rapport niet besproken. We zullen ons in dit rapport ook alleen beperken tot die biologische agentia waarvoor in de literatuur een suggestie bestaat dat ze een rol spelen in de met het binnenmilieu geassocieerde gezondheidsproblemen. Als gevolg van deze restricties worden bijvoorbeeld virussen niet besproken in dit rapport.

Het is belangrijk op te merken dat buiten de schadelijke effecten op de gezondheid sommige biologische agentia ook potentieel *positieve* effecten op de gezondheid kunnen hebben. Resultaten van een groeiend aantal epidemiologische studies suggereren dat enige blootstelling vroeg in het leven (eerste paar levensjaren) aan met name microbiële componenten zoals endotoxinen een *beschermend* effect heeft op de *ontwikkeling* (primaire causatie) van allergieën en astma (Von Mutius et al., 2000; Gereda et al., 2002). Opmerkelijk genoeg zijn deze stoffen ook geassocieerd met een toename van symptomen in patiënten met reeds bestaande luchtwegaandoeningen (secundaire causatie) (Douwes en Pearce, 2002). De hypothese dat deze stoffen in de woonomgeving bescherming kunnen bieden tegen de *ontwikkeling* van allergieën wordt de 'hygiëne hypothese' genoemd en is uitgebreid beschreven in recente review artikelen (Martinez en Holt, 1999; Douwes en Pearce, 2002; Braun-Fahrlander, 2003). Ofschoon meer onderzoek noodzakelijk is om deze hypothese verder te toetsen lijken de meest recente literatuurbevindingen er op te wijzen dat een dergelijk positief effect voor bepaalde biologische agentia zoals bijvoorbeeld bacteriële endotoxinen plausibel is. Op dit moment is onvoldoende bekend bij welke concentraties *positieve* effecten optreden. Dit geldt ook (in mindere mate) voor de *negatieve* effecten op de

gezondheid (zie volgende paragrafen). Het streven naar geen of extreem lage blootstellingen voor de *hele* populatie zou dus – op basis van de hygiëne hypothese – ongewenste gevolgen kunnen hebben. Dit laatste geldt overigens niet voor mensen met reeds bestaande allergieën of luchtwegaandoeningen waarbij zelfs geringe blootstellingen tot acute symptomen kunnen leiden (secundaire causatie). Voor deze mensen (met bijvoorbeeld een huisstofmijten- of katallergie) is een reductie van de blootstelling tot zeer lage niveaus raadzaam.

Zowel de WHO als de National Academy of Sciences (NAS) in de Verenigde Staten hebben een commissie van experts op het gebied van vochtige woningen, biologische agentia en gezondheid ingesteld. De belangrijkste doelen van beide commissies waren om op basis van de huidige literatuur vast te stellen of er voldoende bewijs is voor een relatie tussen blootstelling aan biologische agentia en gezondheidseffecten en waar mogelijk te adviseren op het gebied van richtlijnen en advieswaarden. De rapporten worden naar verwachting in de eerste helft van 2004 gepubliceerd. Meer informatie met betrekking tot de NAS commissie is terug te vinden op de NAS website (<http://nationalacademies.org/>) (project identificatie nummer: HPDP-H-00-06-A).

4.1. Schimmels

Een groot aantal epidemiologische studies heeft een verband aangetoond tussen *gerapporteerde* schimmelblootstelling in de woonomgeving en luchtwegsymptomen (Peat et al., 1998; Andriessen et al., 1998; Zock et al., 2002; Dharmage et al., 2002). Ook is een associatie tussen schimmelsensitisatie, vochtige woningen en astma aangetoond, en zijn associaties tussen schimmelblootstelling (*Alternaria*) in de *buitenlucht* en astma geobserveerd (zie 4.2.2). Tevens is bekend dat schimmels potente allergenen, mycotoxinen en proinflammatoire stoffen zoals $\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen kunnen produceren (Verhoeff en Burge, 1997; Douwes et al., 2003). Een rol voor schimmels in de met vochtige woningen geassocieerde gezondheidseffecten (zie 3.2) is dus zeer plausibel. Het bewijs hiervoor is echter minder sterk dan vaak wordt aangenomen. Dit gebrek aan bewijs wordt met name veroorzaakt doordat geen goede kwantitatieve methoden beschikbaar zijn voor het meten van de blootstelling (Douwes et al., 2003). In de meeste epidemiologische studies is de blootstelling geschat op basis van vragenlijstgegevens (vocht en schimmelplekken in de woning, schimmelgeur etc) en het is de vraag in hoeverre deze schattingen correleren met de werkelijke blootstelling aan de relevante schimmelcomponenten.

Naast studies waarin blootstelling is geschat aan de hand van vragenlijsten zijn ook een aantal studies uitgevoerd waarin ‘objectieve’ schimmelmetingen in de woning zijn uitgevoerd, echter slechts een aantal van deze studies liet een verband met gezondheidseffecten zien (Verhoeff en Burge, 1997; Garrett et al., 1998; Belanger et al., 2003). Blootstelling werd in deze studies voornamelijk bepaald door monsternamen van levensvatbare schimmels in de binnenlucht. De waarde van het meten van levensvatbare schimmels als schatting van de blootstelling is echter beperkt, namelijk:

1. Alleen levensvatbare schimmels worden gemeten terwijl dode of anderszins niet levensvatbare schimmels ook gezondheidseffecten kunnen veroorzaken;
2. De resultaten zijn zowel kwalitatief als kwantitatief sterk afhankelijk van de gebruikte monsternamenapparatuur en voedingsmedia (Verhoeff et al., 1994); en

3. De reproduceerbaarheid en daarmee de precisie van de metingen is zeer matig (Verhoeff et al., 1994; Chew et al., 2001). Dit laatste wordt met name veroorzaakt door de vaak zeer korte monsternametijd in combinatie met een zeer hoge variatie in luchtgedragen concentraties over de tijd (Douwes et al., 2003). Metingen van levensvatbare schimmels in huisstof zijn robuuster maar ook deze metingen zijn onvoldoende precies voor kwantitatieve schattingen van blootstelling (Verhoeff et al., 1994). Het gebrek in precisie van dit soort blootstellingsmetingen is zeer waarschijnlijke de oorzaak voor de afwezigheid van een duidelijk verband tussen *gemeten* schimmelblootstelling en gezondheidseffecten. Alternatieve methodes zijn recent ontwikkeld (Miller en Young, 1997; Eduard et al., 1998; Pasanen et al., 1999; Douwes et al., 1999; Douwes et al., 2003) maar de ervaring met deze technieken is nog gering.

Geen advieswaarde

Een causale rol voor schimmelblootstelling in de met vochtige woningen geassocieerde gezondheidseffecten is plausibel maar de kwantitatieve onderbouwing hiervoor is op dit moment nog onvoldoende. Op basis van de huidige literatuur is het niet mogelijk kwantitatieve advieswaarden te geven. Er zijn in de literatuur wel suggesties gedaan voor grenswaarden maar deze zijn niet *gezondheidkundig* onderbouwd. Zo wordt in het rapport van de Contactgroep Biologische Factoren, dat door de Nederlandse vereniging voor Arbeidshygiëne (Nvva) is uitgebracht, een advieswaarde voor schimmels in de beroepssituatie van 10.000 kolonievormende eenheden (KVE) per m³ geadviseerd, en een waarde van 500 KVE/m³ voor één soort (CGBF). De 'Committee on Bio-aerosols' van de 'American Conference of Governmental Industrial Hygienists' heeft geadviseerd dat de concentratie saprofytische micro-organismen in de binnenlucht minder dan een derde van de buitenlucht mag bedragen als de buitenlucht de enige bron van micro-organismen is (Burge et al., 1987). Deze advieswaarden kunnen zoals eerder gezegd niet als *gezondheidkundige* advieswaarden geïnterpreteerd worden.

4.2 Schimmelcomponenten

4.2.1 $\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen

$\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen zijn celwandcomponenten van schimmels, sommige bacteriën en de meeste planten en bestaan uit een groot aantal glucose monomeren die onderling via $\beta(1\rightarrow3)$ -links verbonden zijn (Williams, 1997; Stone en Clarke, 1992). Zweeds en Zwitsers onderzoek heeft aangetoond dat in gebouwen met schimmelproblemen hogere concentraties $\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen worden gemeten (ongeveer 10 tot 100 keer hoger) dan in huizen en kantoorgebouwen zonder vocht-/schimmelproblemen (Rylander et al., 1992; Rylander, 1994).

$\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen zijn recent in verband gebracht met luchtwegsymptomen bij de mens. Concentraties waarbij *in vitro* effecten zijn waargenomen zijn echter vele malen hoger dan voor bijvoorbeeld endotoxinen (soms wel een factor 100-1000) (Sigsgaard et al., 2000). Momenteel zijn slechts een beperkt aantal epidemiologische veldstudies uitgevoerd waarin de rol van glucanen is bestudeerd. Enkele kleine Zweedse studies suggereren een verband tussen de luchtgedragen $\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen concentratie (gemeten in een kinderdagverblijf, een postkantoor, twee

schoolgebouwen, een fabriek waar papier wordt geproduceerd, en in de woonomgeving) en symptomen zoals hoesten, en keel- en oogirritaties (Rylander et al., 1992; Rylander, 1997a, 1997b, 1999). Tevens werd in één van deze studies (in de woonomgeving) een positieve associatie met atopie en verlaagde longfunctie aangetoond (Rylander et al., 1998). Enkele experimentele blootstellingsstudies bij vrijwilligers in Zweden bevestigen dit beeld maar effecten die gemeten zijn waren relatief mild (Rylander, 1996; Fogelmark et al., 2001). Een wat grotere studie in Nederland onder 159 kinderen liet een positief verband zien tussen glucanen gemeten in huisstof en piekflowvariabiliteit (een maat voor de ernst van astma) in kinderen met luchtwegklachten (Douwes et al., 2000). Data van dierexperimenten lijken er verder op te wijzen dat glucanen de effecten van endotoxinen op de luchtwegen (luchtwegontstekingen) versterken bij gecombineerde en langdurige blootstelling (Fogelmark et al., 1992, 1994). Ofschoon op basis van *in vitro* studies een causale rol van $\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen in de ontwikkeling van luchtwegsymptomen biologisch plausibel is, is op het moment de epidemiologische bewijsvoering nog onvoldoende.

Geen advieswaarde

Het is op het moment niet mogelijk om een advieswaarde te geven voor $\beta(1\rightarrow3)$ -glucanen in de woonomgeving. Dit is met name gebaseerd op het feit dat momenteel nog onvoldoende epidemiologische data beschikbaar is om de mogelijke rol van glucanen in het binnenmilieu op de ontwikkeling en/of exacerbatie van luchtwegsymptomen te bevestigen. Een bijkomend probleem is dat momenteel twee testen voor het meten van glucanen gebruikt worden waarvan onduidelijk is in hoeverre resultaten onderling vergelijkbaar zijn. Een van de testen is gebaseerd op de Limulus Amebocyte Lysate (LAL) test welke vergelijkbaar is met de LAL test voor het meten van endotoxinen (zie 4.4.1) (Aketagawa et al., 1993). De andere test is een enzym immunoassay (EIA) en is ontwikkeld in Nederland door het IRAS, Utrecht Universiteit (voorheen Gezondheidsleer, Wageningen Universiteit) (Douwes et al., 1996).

4.2.2 Allergenen

Een groot aantal algemeen voorkomende schimmels kan IgE inducerende allergenen produceren (type I allergenen) welke in gevoelige individuen tot sensitisatie en allergieën kunnen leiden. In enkele studies is een verhoogde prevalentie atopische (IgE) sensitisatie tegen schimmelallergenen aangetoond in bewoners van vochtige woningen (Norback et al., 1999) en mensen met astma (Black et al., 2000). In een grote Europese multicentre studie werd ook een associatie tussen schimmelsensitisatie (*Alternaria Alternata* en *Cladosporium herbarum*) en de ernst van de klachten in astmatici aangetoond (Zureik et al., 2002). Tevens zijn allergische reacties tegen *Alternaria*-blootstelling in de buitenlucht aangetoond (Halonen et al., 1997). Op basis van deze studies lijkt het dus plausibel dat schimmelallergenen in het binnenmilieu tot gezondheidseffecten kunnen leiden. Echter doordat schimmelallergenen (en IgE tegen deze allergenen) moeilijk te meten zijn (vanwege de enorme variatie in allergenexpressie binnen en tussen schimmelsoorten) is niet duidelijk hoe belangrijk deze allergenen zijn als een risicofactor voor binnenmilieu-gerelateerde gezondheidsproblemen. Ook is niet duidelijk bij welke niveaus effecten (IgE sensitisatie en symptomen) kunnen optreden.

Geen advieswaarde

Op basis van de huidige literatuur kan geen advieswaarde voor schimmelallergenen in het binnenmilieu worden afgeleid.

4.2.3 Mycotoxinen

Mycotoxinen zijn laag moleculaire verbindingen met voor mens en dier zeer toxische eigenschappen. Een van de meest bekende mycotoxinen is penicilline, andere bekende mycotoxinen zijn de carcinogene mycotoxinen waaronder ook aflatoxine.

Mycotoxinen in het binnenmilieu hebben recent nogal wat aandacht gekregen in de media en met name in de VS. In de VS zijn trychocetenen – zeer toxische mycotoxinen geproduceerd door *Stachybotrys* schimmels – in verband gebracht met een uitbraak van acute levensbedreigende longbloedingen ('acute pulmonary hemorrhage') in baby's waarbij zelfs een aantal baby's zijn overleden (Montana et al., 1997). Ofschoon een rol van *Stachybotrys* mycotoxinen in de woonomgeving wordt vermoed is het bewijs op dit moment nog onvoldoende (Miller et al., 2003). Op basis van de huidige literatuur is er op dit moment geen reden aan te nemen dat mycotoxinen in het binnenmilieu een belangrijke risicofactor vormen voor de volksgezondheid.

Geen advieswaarde

Op basis van de huidige literatuur kan geen advieswaarde voor mycotoxinen in het binnenmilieu worden afgeleid.

4.2.4 Vluchtige organische componenten

De door schimmels geproduceerde vluchtige organische verbindingen (VOC's) veroorzaken de vaak typische schimmelgeur in vochtige woningen (Keller et al. 1999). Microbiële VOC's in concentraties boven de geurdrempel kunnen tot een algemeen gevoel van onbehagen leiden en tevens is gesuggereerd dat blootstelling kan leiden tot oog- en luchtwegirritaties en symptomen zoals hoofdpijn, duizeligheid, misselijkheid, en vermoeidheid (Burge 1990; Tobin et al., 1987; Korpi et al., 1999). Het bewijs hiervoor is echter momenteel onvoldoende.

Geen advieswaarde

Op basis van de huidige literatuur kan geen advieswaarde voor microbiële VOC's in het binnenmilieu worden afgeleid.

4.3 Bacteriën

Met uitzondering van endotoxinen (zie 4.4.1) is slechts (zeer) weinig onderzoek uitgevoerd op het gebied van bacterieblootstelling in de woonomgeving en mogelijke gezondheidseffecten. Een studie met 88 volwassenen in Zweden toonde aan dat de concentratie bacteriën in de lucht significant geassocieerd was met het voorkomen van astmasymptomen (Bjornsson et al., 1995). Verder zijn er een aantal *in vitro* studies die een verband suggereren tussen gezondheidseffecten en blootstelling aan streptomyceten, een groep van spoorvormende bacteriën (Hirvonen et al., 1997; Huttunen et al., 2003). Het bewijs voor een relatie tussen bacterie/streptomycetenblootstelling is momenteel echter onvoldoende.

Geen advieswaarde

Op basis van de huidige literatuur kan geen advieswaarde voor bacteriën in het binnenmilieu worden afgeleid.

4.4 Bacteriële componenten**4.4.1 Endotoxinen**

Endotoxinen zijn een onderdeel van de buitenste membraan van gramnegatieve bacteriën. Het belangrijkste component van endotoxinen, verantwoordelijk voor de toxische eigenschappen, is het lipopolysaccharide. Endotoxine is algemeen aanwezig in de woonomgeving met concentraties van rond de 500 - 2000 ng/g huisstof (5.000 – 20.000 Endotoxine Eenheden/g stof) (Douwes et al., 2000). Metingen in de binnenlucht zijn buiten de werksomgeving nauwelijks uitgevoerd. Een studie in de VS heeft een gemiddelde binnenluchtconcentratie van 64 pg/m³ gemeten, wat erg laag is in vergelijking met arbeidssituaties (Park et al., 2001). Piekblootstellingen tijdens bepaalde activiteiten in huis (stofzuigen, bed opmaken, etc) zijn aannemelijk maar dit is niet in detail bestudeerd. Er zijn geen duidelijke associaties aangetoond tussen endotoxinenconcentratie en vochtige woningen (Bischof et al., 2002); wel is een relatie aangetoond tussen verhoogde concentraties endotoxinen in huisstof en de aanwezigheid van huisdieren (Douwes et al., 2000; Park et al., 2001) en/of een GFT-biobak in huis (Wouters et al., 2000).

Experimentele studies en epidemiologische studies in de arbeidssituatie laten een duidelijk verband zien tussen endotoxinenblootstelling en acute en chronische respiratoire effecten (DECOS 1998; Douwes et al., 2002). Na inademing kunnen zich bij mensen de volgende verschijnselen voordoen: droge hoest, kortademigheid en benauwdheid met vermindering van longfunctie, koorts en algehele malaise, hoofdpijn en gewrichtsklachten (Pernis et al., 1961; Michel et al., 1992, 1997; Michel 1997). Personen met een al reeds bestaande luchtwegaandoening zoals CARA (astma en bronchitis) blijken sterker te reageren op endotoxinenblootstelling (Zwan et al., 1982; Michel et al., 1989, 1992). De dosis waarbij effecten werden aangetoond varieerden van ongeveer 5 tot 20 µg. Ook in gezonde niet allergische individuen zijn reproduceerbare verschillen tussen personen in luchtwegeffecten gemeten na experimentele endotoxinen blootstelling (Kline et al., 1999; Michel et al., 2001). In de studie van Kline et al. werden nog sterke effecten waargenomen (een daling in longfunctie (FEV₁) van meer dan 20%) bij een dosis van 6,5 µg in de meest gevoelige groep; in de minst gevoelige groep werd zelfs bij een blootstelling van 41,5 µg slechts een gering effecten aangetoond (verschil in longfunctie van minder dan 10%). Dit suggereert dat mogelijk alleen gevoelige sub-populaties 'at risk' zijn voor endotoxinen. Er is voldoende wetenschappelijke onderbouwing om te concluderen dat endotoxinenblootstelling op de werkplek tot respiratoire effecten kunnen leiden (DECOS, 1998; Douwes et al., 2002). In tegenstelling tot de werkomgeving zijn in de woonomgeving slechts een gering aantal studies naar de effecten van endotoxinenblootstelling uitgevoerd. Michel en collega's in België (1996) hebben een positieve associatie aangetoond tussen endotoxinen-niveaus in huisstof (gemiddelde concentratie 1,78 ng/mg) en de toename van klachten en medicijngebruik van

69 volwassen astmapatiënten. Tevens was endotoxinenblootstelling geassocieerd met een verlaging in longfunctie (het FEV₁). Dit beeld is bevestigd in een kleinere studie in Brazilië in 10 astmatische en 10 controle kinderen (Rizzo et al., 1997). Een studie in 159 kinderen in Nederland liet een associatie tussen endotoxinenconcentraties in huisstof en een toename in piekflowvariabiliteit in kinderen met astmasymptomen zien (Douwes et al., 2000). Deze associatie verdween na correctie voor huisdieren (de aanwezigheid van huisdieren was namelijk sterk gecorreleerd met endotoxinniveaus). De gemiddelde endotoxinenconcentraties in deze studie varieerden van 1 tot 100 endotoxinen eenheden/mg (~0,1-10 ng/mg). Deze studies suggereren dat endotoxinen in de woonomgeving reeds aanwezige respiratoire condities zoals astma kunnen verslechteren. Zoals eerder bediscussieerd zijn er ook een aantal studies die er op duiden dat enige blootstelling aan endotoxinen (gedurende de eerste levensjaren) bescherming biedt tegen de ontwikkeling van allergieën en astma (Gereda et al., 2000; Braun – Fahrlander et al., 2002; Böttcher et al., 2002). Het is op dit moment niet duidelijk bij welke niveaus dergelijke beschermende effecten te verwachten zijn. De niveaus gemeten in deze studies waren echter niet duidelijk afwijkend van de niveaus gemeten in eerdere studies die er op wezen dat blootstelling tot een verslechtering van reeds bestaande luchtwegklachten kan leiden.

Geen advieswaarde

Door de Gezondheidsraad is een gezondheidkundig onderbouwde grenswaarde van 50 Endotoxine Eenheden/m³ geadviseerd (~5 ng/m³) voor de werkomgeving, gebaseerd op een persoonlijk inhaleerbare stoffractie gemeten als een 8 uur tijd-gewogen-gemiddelde (DECOS, 1998). Aangezien in het gezondheidsraadrapport de endotoxinenconcentratie in de lucht als uitgangspunt is gekozen biedt deze grenswaarde weinig houvast voor de afleiding van een gezondheidsrisico gebaseerd op endotoxinenconcentraties in huisstof (endotoxinenconcentraties in de woonomgeving worden meestal in huisstof gemeten).

Bijkomend probleem bij het vaststellen van een grenswaarde voor endotoxinen is het gebrek aan standaardisatie van de meetmethoden. De meest gebruikte methode voor de detectie van endotoxinen is de kinetische Limulus Amebocyte Lysate (LAL)-test. Versturende componenten in stofextracten en verschillen in variabiliteit van het LAL reagens zijn enkele voorbeelden die de testresultaten kunnen beïnvloeden. De aan de LAL test voorafgaande monstername-, extractie- en bewaarprocedures zijn ook niet gestandaardiseerd hoewel bekend is dat verschillen in extractiemethoden kunnen leiden tot substantiële verschillen in blootstellingsschattingen (Douwes et al., 1995). In het rapport van de Gezondheidsraad wordt een standaard analytische procedure geadviseerd om variaties in blootstellingsschattingen als gevolg van het gebruik van verschillende extractie en analyse protocollen te minimaliseren.

Op dit moment ontbreken dus de gegevens om een betrouwbare kwantitatieve schatting te geven bij welke niveaus in woningen gezondheidseffecten (positief dan wel negatief) kunnen optreden. Niveaus van boven de 50 EU/m³ (grenswaarden voor arbeidssituaties) dienen in ieder geval voorkomen te worden; een meer specifieke advieswaarde kan echter gezien bovenstaande beschreven onzekerheden op dit moment niet worden vastgesteld.

4.4.2 Peptidoglycanen

Peptidoglycanen vertegenwoordigen een andere groep van bacteriële componenten in het binnenmilieu met een potentieel gezondheidsrisico. Peptidoglycanen zijn celwandbestanddelen die voorkomen in alle bacteriën maar in het bijzonder in gram-positieve bacteriën. Het zijn net als endotoxinen stoffen met sterke pro-inflammatoire eigenschappen. Peptidoglycanen zijn aangetroffen in filters van luchtconditioneer-systemen en verscheidene arbeidsomgevingen (Verhoef en Kalter, 1985; Sonesson et al., 1988; Zhiping et al., 1996). Op dit moment zijn er echter geen gepubliceerde studies in de woonomgeving die de relatie tussen peptidoglycaanblootstelling en gezondheid-effecten in detail hebben bestudeerd.

Geen advieswaarde

Op basis van de huidige literatuur kan op dit moment geen advieswaarde voor peptidoglycanen afgeleid worden

4.5 Huisstofmijtallergenen

Huisstofmijten behoren tot de arachniden en de in het huisstof meest voorkomende soorten zijn *Dermatophagoides pteronyssinus* en *D. farinae*. Ze komen zeer algemeen voor in gematigde klimaten en dus ook in Nederland. Matrassen, gestoffeerde meubelen, kleden en tapijten bieden voor mijten een ideaal microklimaat met een voldoende hoge luchtvochtigheid en voldoende nutriënten (huidschilfers, schimmels, en andere organische materie) (Platts-Mills en De Weck, 1989). De ontlasting van de huisstofmijt bevat potente allergenen (groep I allergenen) en een aantal 'major' allergenen zijn geïdentificeerd waaronder *Der pI* en *Der fI*, afkomstig van respectievelijk *D. pteronyssinus* en *D. farinae* (Lind, 1985; Platts-Mills and Chapman 1987; Platts-Mills et al., 1992). Mijtallergeenconcentraties in huisstof variëren enorm tussen woningen en de niveaus zijn sterk afhankelijk van de aanwezigheid van tapijt of kleden in de woning en (in mindere mate) van gemeten luchtvochtigheid, bouwjaar van de woning, leeftijd van het matras etc (Strien et al., 1994). Een onderzoek uit 1990 in 516 Nederlandse woningen liet zien dat in 86% van de huizen de maximum *Der pI* concentratie boven de 2 µg/g huisstof lag en in 55% zelfs boven de 10µg/g huisstof (Strien et al., 1994). Een concentratie van 2 µg/g is gesuggereerd als een gezondheidkundige grenswaarde voor de ontwikkeling van atopische sensitisatie en astma en 10 µg/g voor acute aanvallen van astma in allergische individuen (Platts-Mills en De Weck, 1989). Een recentere studie in Nederland lijkt er op te wijzen dat de huisstofmijtallergeenconcentraties zijn afgenomen (Strien et al., 2002) echter de methodes en onderzochte populaties verschilden dusdanig dat geen directe vergelijking mogelijk is. Slechts enkele studies hebben mijtallergenen in de lucht gemeten en niveaus zijn in het algemeen erg laag (Custovic et al., 1999). Piekblootstellingen tijdens bepaalde activiteiten in huis (stofzuigen, bed opmaken, etc) zijn aannemelijk maar dit is niet in detail bestudeerd.

Een groot aantal studies laat een associatie zien tussen mijtallergeenblootstelling (gemeten in huisstof) en (IgE) sensitisatie (Wahn et al., 1997; Sporik et al., 1990; Platts-Mills et al., 1997). Mijtsensitisatie is sterk geassocieerd met astma (Sears et al., 1989; Sporik et al., 1990; Peat et al., 1996). Tevens is bekend dat mijtallergische astmapatiënten beduidend minder symptomen hebben wanneer ze in een omgeving zijn zonder stofmijtblootstelling (zoals bijvoorbeeld in de Alpen waar de

luchtvochtigheid voor huisstofmijten te laag is) (Spieksma et al., 1971; Boner et al., 1985). Daarnaast zijn in een aantal cross-sectionele studies associaties aangetoond tussen mijtallergeenblootstelling en symptomen in allergische personen (Peat et al., 1987). Er is dus voldoende bewijs dat mijtallergenen klachten kunnen veroorzaken in allergisch astmatisch personen (secundaire causatie) (NAS, 2000). Echter aangezien de meeste studies cross-sectioneel van aard zijn is het moeilijk vast te stellen of er ook een verband is tussen mijtallergenenblootstelling en de primaire ontwikkeling van astma (primaire causatie). Een longitudinale studie in 67 kinderen met een familiale aanleg voor allergie heeft een direct verband tussen huisstofmijtblootstelling en de primaire ontwikkeling van astma aangetoond maar deze relatie was statistisch niet significant (Sporik et al., 1990). Ook werd dit beeld niet bevestigd in twee grotere geboorte cohortstudies met in elke studie respectievelijk 453 en 939 kinderen (Burr et al., 1993; Lau et al., 2000). In beide studies waarin baby's voor 7 jaar werden gevolgd werd geen associatie tussen astma en mijtallergeenblootstelling gevonden. Huisstofmijtallergenen lijken dus geen belangrijke rol te spelen in de primaire ontwikkeling van astma (Pearce et al., 2000; Lau et al., 2002). Naast astma is mijtallergeenblootstelling ook in verband gebracht met atopische dermatitis (Huang et al., 2001; Pajno et al., 2003)

Geen advieswaarde

Op een door de WHO georganiseerde workshop met betrekking tot mijtallergeenblootstelling en astma is een richtlijn van 2 µg/g huisstof voor de ontwikkeling van atopische sensitisatie en astma voorgesteld en 10µg/g voor symptomen in allergische personen (Platts-Mills en De Weck, 1989). In een latere workshop zijn deze 'grenswaarden' bevestigd maar er werd wel bij opgemerkt dat deze waarden alleen toepasbaar waren op slechts een deel van de populatie en dat deze niveaus waarschijnlijk te hoog waren voor de meest gevoelige individuen (Platts-Mills et al., 1992).

Ongeveer 10 jaar na deze eerste WHO-initiatieven concludeert de Commissie 'on the assessment of asthma and indoor air' van de 'National Academy of Sciences' in haar rapport dat '... results strongly support a dose-response relationship between exposure and development of sensitization, with an approximate threshold of 2 µg/g' (NAS, 2000). In het rapport wordt aangegeven dat deze grenswaarde niet op dezelfde manier te gebruiken is als een grenswaarde voor chemische stoffen omdat 1) hoge concentraties mijtallergeen niet toxisch zijn voor niet allergische individuen; 2) concentraties beneden de grenswaarde symptomen kunnen veroorzaken in zeer gevoelige allergische astmatici; en 3) concentratiemetingen in stof een zeer indirecte maat voor blootstelling is. Tevens is het belangrijk te realiseren dat veel mijtallergeengesensitiseerden geen symptomen ontwikkelen (Platts-Mills en De Weck, 1989). Ook is in een longitudinale studie mijtsensitisatie aangetoond bij concentraties beneden de gesuggereerde grenswaarde van 2 µg/g stof (Price et al., 1990; Wahn et al., 1997).

Mede vanwege bovengenoemde onzekerheden en de onzekerheden die bestaan ten aanzien van de rol van huisstofmijten in de primaire causatie van gezondheidseffecten kunnen op dit moment geen advieswaarden voor huisstofmijtallergenen geadviseerd worden. Ook dienen monsternamen- en analysemethoden gestandaardiseerd te worden alvorens een grenswaarde voor mijtallergenen algemeen toegepast kan worden.

4.6 Huisdier- en kakkerlakallergenen

Veel Nederlanders bezitten een kat en/of hond waarvan het grootste deel ook binnenshuis gehouden wordt. Haar, huid en speeksel van katten en honden bevatten allergenen die in tegenstelling tot huisstofmijtallergenen voor langere tijd 'airborne' kunnen blijven en ook gemakkelijk via bijvoorbeeld de kleding verspreid kunnen worden (Custovic et al., 1997; Egmar et al., 1998). Kat- en hondallergenen zijn wijdverspreid in Nederland en kunnen ook in verhoogde concentraties voorkomen in woningen (en openbare ruimtes zoals scholen en ziekenhuizen (Berge et al., 1998; Custovic et al., 1998)) waar geen honden en katten gehouden worden. De meest belangrijke kat- en hondallergenen zijn respectievelijk *Fel dI* and *Can fI* (Schou, 1993). Ofschoon in een studie uitgevoerd in Amsterdam in 44% van de 46 onderzochte woningen detecteerbare kakkerlakallergeneniveaus werden gemeten (Van Wijnen et al., 1997) zijn kakkerlakallergenen in Nederland waarschijnlijk veel minder wijdverspreid dan bijvoorbeeld kat- en hondallergenen. De voor Nederland belangrijkste kakkerlaksoort is de Duitse kakkerlak (*Blatella germanica*). *Bla gI* is het belangrijkste allergeen voor de *Blatella germanica* (Schou et al., 1990).

Blootstelling aan kat- en hondallergenen kan in kat- en hondallergische individuen neus- en luchtwegsymptomen veroorzaken (secundaire causatie) (Vanto et al., 1980; Sicherer et al., 1997). Hoewel sensitisatie tegen kat- en hondallergenen is geassocieerd met astma (Sears et al., 1989; Litonjua et al., 1997) is er geen eenduidige associatie aangetoond tussen astma en huisdier(allergeen)blootstelling (Celedon et al., 2002; Anyo et al., 2002). Veel van de recentere studies rapporteren zelfs dat blootstelling aan huisdieren *negatief* geassocieerd is met sensitisatie en astma (Svanes et al., 1999; Hesselmar et al., 1999; Ownby et al., 2002; Linneberg et al., 2003). Huisdierblootstelling lijkt dus eerder te beschermen tegen de ontwikkeling van astma dan dat het astma veroorzaakt (primaire causatie). Meer studies zijn noodzakelijk om de paradoxale rol van huisdierblootstelling op de ontwikkeling van astma op te helderen (NAS, 2000).

Er is voldoende bewijs dat kakkerlakallergenen symptomen kunnen veroorzaken in kakkerlakallergische individuen (secundaire causatie) (Kang, 1976). Ook zijn er verscheidene studies die een duidelijke dosis-respons hebben aangetoond tussen kakkerlakallergeenblootstelling en kakkerlaksensitisatie (Egglestone et al., 1998; Rosenstreich et al., 1997). Echter op dit moment is niet volledig duidelijk of kakkerlakblootstelling ook astma kan veroorzaken (primaire causatie) (NAS, 2000). Studies naar kakkerlakallergieën in Nederland zijn nauwelijks uitgevoerd en de aard en omvang van een eventueel kakkerlakallergeen gerelateerd probleem is dus niet duidelijk.

Geen advieswaarde

Op basis van de huidige literatuur kan geen advieswaarde voor huisdier- en kakkerlakallergenen afgeleid worden.

4.7. Referenties

- Andriessen J.W., Brunekreef B., Roemer W. Home dampness and respiratory health status in European children. *Clin Exp Allergy* 1998;28:1191-1200.
- Anyo G., Brunekreef B., de Meer G., et al. Early, current and past pet ownership: associations with sensitization, bronchial responsiveness and allergic symptoms in school children. *Clin Exp Allergy* 2002; 32: 361-6
- Belanger K. et al. Symptoms of wheeze and persistent cough in the first year of life: associations with indoor allergens, air contaminants, and maternal history of asthma. *Am J Epidemiol*, 2003; 158:203-206.
- Berge M., Munir A.K., Dreborg S. Concentrations of cat (*Fel dl*), dog (*Can fl*) and mite (*Der fl* and *Der pl*) allergens in the clothing and school environment of Swedish school children with and without pets at home. *Pediatric Allergy and Immunology* 1998;9:25-30
- Bischof W., Koch A., Gehring U., Fahlbusch B., Wichmann H.E., Heinrich J.; Indoor Exposure and Genetics in Asthma Study Group. Predictors of high endotoxin concentrations in the settled dust of German homes. *Indoor Air*. 2002;12:2-9.
- Black P.N., Udy A.A., Brodie S.M. Sensitivity to fungal allergens is a risk factor for life-threatening asthma. *Allergy* 2000;55:501-4.
- Boner A.L., Niero E., Antolini I., Valietta A., Gaburro D. Pulmonary function and bronchial hyperreactivity in asthmatic children with house dust mite allergy during prolonged stay in the Italian Alps (Misurina, 1756m) *Ann Allergy* 1985;54:42-5.
- Bornehag C.G., Blomquist G., Gyntelberg F., et al. Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to 'dampness' in buildings and health effects (NORDDAMP). *Indoor Air* 2001;11:72-86.
- Böttcher M.F., Björkstén B., Gustafson S., Jenmalm M.C.. Endotoxin levels in Estonian and Swedish house dust and atopy in infancy. *Clin Exp Allergy* 2003;33:295-300.
- Braun-Fahrlander C. Environmental exposure to endotoxin and other microbial products and the decreased risk of childhood atopy: evaluating developments since April 2002. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2003;3:325-9.
- Braun-Fahrlander C., Riedler J., Herz et al. Allergy and Endotoxin Study Team. Environmental exposure to endotoxin and its relation to asthma in school-age children. *N Engl J Med* 2002;347:869-77.
- Brunekreef B. Damp housing and adult respiratory symptoms. *Allergy* 1992;47:498-502.
- Burge H. Bioaerosols: Prevalence and health effects in the indoor environment. *J Allergy Clin Immunol* 1990;86:687-701.
- Burge H.A., Chatigny M., Feeley J., Kreiss K., Morey P., Otten J., Peterson K. Guidelines for the assessment and sampling of saprophytic bioaerosols in the indoor environment. *Appl Indust Hyg* 1987;2:R10-R16.
- Burr M.L., Limb E.S., Maguire M.J., et al. Infant bedding, wheezing, and allergy: a prospective study. *Arch Dis Child* 1993;68:724-8.
- Celedon JC, Litonjua AA, Ryan L, Platts-Mills T, Weiss ST, Gold DR. Exposure to cat allergen, maternal history of asthma, and wheezing in first 5 years of life. *Lancet*. 2002;360:781-2.

- Chew G., Douwes J., Doekes G., et al. Fungal extracellular polysaccharides, β (1 \rightarrow 3)-glucans, and culturable fungi in repeated sampling of house dust. *Indoor Air* 2001;11:171-178.
- Cuijpers C.E.J., Swaen G.M.H., Wesseling G., Sturmans F., Wouters E.F.M. Adverse effects of the indoor environment on respiratory health in primary school children. *Env Res* 1995;68:11-23.
- Custovic A., Green R., Fletcher A., Smith A., Pickering C.A., Chapman M.D., Woodcock A. Aerodynamic properties of the major dog allergen *Can fl*: distribution in homes, concentration, and particle size of allergen in the air. *Am J Resp Crit Care Med* 1997;155:94-98.
- Custovic A., Fletcher A., Pickering C.A., Francis H.C., Green R., Smith A., Chapman M., Woodcock A. Domestic allergens in public places. III: House dust mite, cat, dog and cockroach allergens in British hospitals. *Clin Exp Allergy* 1998;28:53-59.
- Custovic A., Simpson B., Simpson A., Hallam C., Craven M., Woodcock A. Relationship between mite, cat and dog allergens in reservoir dust and ambient air. *Allergy* 1999;54:612-6.
- Dharmage S., Bailey M., Raven J., Abeyawickrama K., Cao D., Guest D., Rolland J., Forbes A., Thien F., Abramson M., Walters E.H. Mouldy houses influence symptoms of asthma among atopic individuals. *Clin Exp Allergy*. 2002 May;32(5):714-20.
- Douwes J., Doekes G., Montijn R., Heederik D., Brunekreef B. Measurement of β (1 \rightarrow 3)-glucans in the occupational and home environment with an inhibition enzyme immunoassay. *Appl Environ Microbiol* 1996;62:3176-82.
- Douwes J., van der Sluis B., Doekes G., et al. Fungal extracellular polysaccharides in house dust as a marker for exposure to fungi: Relations with culturable fungi, reported home dampness and respiratory symptoms. *J Allergy Clin Immunol* 1999;103:494-500.
- Douwes J., Zuidhof A., Doekes G., van der Zee S., Wouters I., Boezen H.M., Brunekreef B.. (1 \rightarrow 3)- β -D-glucan and endotoxin in house dust and peak flow variability in children. *Am J Resp Crit Care Med* 2000;162:1348-54.
- Douwes J, Pearce N, Heederik D. Does bacterial endotoxin prevent asthma? *Thorax* 2002;57:86-90.
- Douwes J and Pearce N. Asthma and the westernization 'package'. *Int J Epidemiol* 2002;31:1098-1102.
- Douwes J and Pearce N. Is indoor mould exposure a risk factor for asthma? *Am J Epidemiol*, 2003; 158:203-206.
- Douwes J, Thorne P, Pearce N, Heederik D. Bioaerosol health effects and exposure assessment: Progress and prospects. *Annals Occup Hyg* 2003;47:187-200.
- Dutch Expert Committee on Occupational Standards (DECOS). (1998) Endotoxins: Health based recommended exposure limit. A report of the Health Council of the Netherlands. Rijswijk: Health Council of the Netherlands; publication no 1998/03WGD.
- Eduard W., Heederik D (1998): Methods for quantitative assessment of airborne levels of non-infectious micro-organisms in highly contaminated work environments. *Am Ind Hyg Assoc J*;59:113-27.
- Eggleston PA, Rosenstreich D, Lynn H, Gergen P, Baker D, Kattan M, Mortimer KM, Mitchell H, Ownby D, Slavin R, Malveaux F. Relationship of indoor allergen exposure to skin test sensitivity in inner-city children with asthma. *J Allergy Clin Immunol*. 1998;102:563-70.

- Egmar AC, Emenius S, Almqvist C, Wickman M. Cat and dog allergens in mattresses and textile covered floors of homes which do or do not have pets, either in the past or currently. *Pediatr Allergy Immunol* 1998;9:31-5.
- Engvall K, Norrby C, Norback D. Asthma symptoms in relation to building dampness and odour in older multifamily houses in Stockholm. *Int J Tuberc Lung Dis* 2001;5:468-77.
- Fogelmark B, Goto H, Yuasa K, Marchat B, Rylander R. Acute pulmonary toxicity of inhaled (1→3)-β-D-glucan and endotoxin. *Agents Action* 1992;35:50-5.
- Fogelmark B, Sjöstrand M, Rylander R. Pulmonary inflammation induced by repeated inhalations of β(1→3)-D-glucan and endotoxin. *International Journal Exp Pathology* 1994;75: 85-90.
- Fogelmark B, Thorn J, Rylander R. Inhalation of (1→3)-β-D-glucan causes airway eosinophilia. *Mediators of Inflammation* 2001;10:13-9.
- Garrett MH, Rayment PR, Hooper MJ. Indoor fungal spores, house dampness and associations with environmental factors and respiratory health in children. *Clin Exp Allergy* 1998;28:459-467.
- Gereda JE, Leung DYM, Thatayatikom A, et al. Relation between house-dust endotoxin exposure, type 1 T-cell development, and allergen sensitisation in infants at high risk of asthma. *Lancet* 2000; 355: 1680-83.
- Halonen M, Stern DA, Wright AL, et al. Alternaria as a major allergen for asthma in children raised in a desert environment. *Am J Resp Crit Care Med* 1997;155:1356-61.
- Hesselmar N, Aberg N, Aberg B, Eriksson-B, Björkstén B. Does early exposure to cat or dog protect against allergy development? *Clin. Exp. Allergy* 1999; 29: 611-7.
- Hirvonen MR, Nevalainen A, Makkonen N, Monkkonen J, Savolainen K. Induced production of nitric oxide, tumor necrosis factor, and interleukin-6 in RAW 264.7 macrophages by streptomycetes from indoor air of moldy houses. *Arch Environ Health*. 1997;52:426-32.
- Huang JL, Chen CC, Kuo ML, Hsieh KH. Exposure to high concentration of mite allergen in early infancy is a risk factor for developing atopic dermatitis: a 3-year follow-up. *Pediatr Allergy Immunol* 2001;12:11-6
- Huttunen K, Hyvarinen A, Nevalainen A, Komulainen H, Hirvonen MR. Production of proinflammatory mediators by indoor air bacteria and fungal spores in mouse and human cell lines. *Environ Health Perspect*. 2003 Jan;111(1):85-92.
- Kang B. Study on cockroach antigen as a probable causative agent in bronchial asthma. *J Allergy Clin Immunol* 1976;58:357-365.
- Keller R, Senkpiel K, Ohgke H. Use of MVOC measurements and odor perception as indicators of mould in indoor areas. *In* Johanning E (ed.), *Bioaerosols, fungi, and mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control*. Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, Alany, New York, 1999, pp. 532-537.
- Kilpeläinen M, Terho EO, Helenius H, et al. Home dampness, current allergic diseases, and respiratory infections among young adults. *Thorax* 2001;56:462-467.
- Kline JN, Cowden JD, Hunninghake GW, *et al.* Variable airway responsiveness to inhaled lipopolysaccharide. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:297-303.
- Korpi A, Kasanen JP, Kosma AY. Sensory irritating potency of some microbial volatile organic compounds (MVOC's) and a mixture of five MVOC's. *Arch Environ Health* 1999;54:347-52.
- Lau S, Illi S, Sommerfeld C, Niggemann B, Bergmann R, von Mutius E, Wahn U. Early exposure to house-dust mite and cat allergens and development of childhood

- asthma: a cohort study. Multicentre Allergy Study Group. *Lancet* 2000;356:1392-7.
- Li CS, HSU CW, Lu CH. Dampness and respiratory symptoms among workers in daycare centers in a subtropical climate. *Arch Environ Health* 1997;52:68-71.
- Lind P. Purification and partial characterisation of two major allergens from the house dust mite *Dermatophagoides pteronyssinus*. *J Allergy Clin Immunology* 1985;76:753-761.
- Linneberg A, Nielsen NH, Madsen F, Frølund L, Dirksen A, Jørgensen T. Pets in the home and the development of pet allergy in adulthood. The Copenhagen Allergy Study. *Allergy* 2003;58:21-26.
- Litonjua AA, Sparrow D, Weiss ST, O'Connor GT, Long AA, Ohman JL Jr. Sensitization to cat allergen is associated with asthma in older men and predicts new-onset airway hyperresponsiveness. The Normative Aging Study. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:23-27.
- Martinez FD, Holt PG. Role of microbial burden in aetiology of allergy and asthma. *Lancet* 1999;354:12-5.
- Michel O, Duchateau J, Sergysels R. Effects of inhaled endotoxin on bronchial reactivity in asthmatic and normal subjects. *J Appl Physiol* 1989;66:1059-64.
- Michel O, Ginanni R, Le Bon B, Content J, Duchateau J, Sergysels R. Inflammatory response to acute inhalation of endotoxin in asthmatic patients. *Am Rev Respir Dis* 1992;146:352-7.
- Michel O, Kips J, Duchateau J, Vertongen F, Robert L, Collet H, Pauwels R, Sergysels R. Severity of asthma is related to endotoxin in house dust. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:1641-46.
- Michel O. Human challenge studies with endotoxins. *Int J Occup Env Health* 1997;3 (suppl 1):S18-25.
- Michel O, Nagy AM, Schroeven M, Duchateau J, Neve J, Fondu P, Sergysels R. Dose-response relationship to inhaled endotoxin in normal subjects. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:1157-64.
- Michel O, Dentener M, Corazza F, et al. Healthy subjects express differences in clinical responses to inhaled lipopolysaccharide that are related with inflammation and with atopy. *J Allergy Clin Immunol* 2001;107:797-804.
- Miller JD, and Young JC. The use of ergosterol to measure exposure to fungal propagules in indoor air. *Am Ind Hyg Assoc J* 1997;58:39-43.
- Miller JD, Rand TG, Jarvis BB. *Stachybotrys chartarum*: cause of human disease or media darling? *Med Mycol*. 2003;41:271-91.
- Montana E, Etzel R, Allan T, Horgan TE, Dearborne DG. Environmental risk factors associated with pediatric idiopathic pulmonary hemorrhage and hemosiderosis in a Cleveland community. *Pediatrics* 1997;99:E51-E58 [supplement].
- Nafstad P, Øie L, Mehl R et al. Residential dampness problems and symptoms and signs of bronchial obstruction in young Norwegian children. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:410-414.
- National Academy of Sciences. Clearing the air. Asthma and indoor exposures. National Academy Press 2000, Washington.
- Norback D, Bjornsson E, Janson C, et al. Current asthma and biochemical signs of inflammation in relation to building dampness in dwellings. *Int J Tuberc Lung Dis* 1999;3:368-76.
- Ownby DR, Johnson CC, Peterson EL Exposure to dogs and cats in the first year of life and risk of allergic sensitization at 6 to 7 years of age. *JAMA*. 2002;288:963-72.

- Pajno GB, Peroni DG, Barberio G, Pietrobelli A, Boner AL. Predictive features for persistence of atopic dermatitis in children. *Pediatr Allergy Immunol* 2003;14:292-5.
- Park JH, Spiegelman DL, Gold DR, Burge HA, Milton DK. Predictors of airborne endotoxin in the home. *Environ Health Perspect*. 2001;109:859-64.
- Pasanen A-L, Yli-Pietilä, Pasanen P, et al. Ergosterol content in various fungal species and biocontaminated building materials. *Appl Environ Microbiol* 1999;65:138-142.
- Pearce N, Douwes J, Beasley R. Is allergen exposure the major primary cause of asthma? *Thorax* 2000;55:424-431.
- Peat JK, Britton WJ, Salome CM, Woolcock AJ. Bronchial hyperresponsiveness in two populations of Australian schoolchildren. III. Effect of exposure to environmental allergens. *Clin Allergy* 1987;17:297-300.
- Peat JK, Tovey E, Toelle BG, Haby MM, Gray EJ, Mahmic A, Woolcock AJ. House dust mite allergens. A major risk factor for childhood asthma in Australia. *Am J Resp Crit Care Med* 1996;153:141-146.
- Peat JK, Dickerson J, Li J. Effects of damp and mould in the home on respiratory health: a review of the literature. *Allergy* 1998;53:120-8.
- Pernis B, Vigliani EC, Cavagna C. (1961) The role of bacterial endotoxins in occupational diseases caused by inhaling vegetable dusts. *Brit J Ind Med*;18:120-9.
- Pirhonen I, Nevalainen A, Husman T, Pekkanen J. Home dampness, moulds and their influence on respiratory infections and symptoms in adults in Finland. *Eur Respir J* 1996;9:2618-2622.
- Platts-Mills TAE, De Weck AL. Dust mite allergens and asthma: a world wide problem. International workshop report. *J Allergy Clin Immunol* 1989;83:416-427.
- Platts-Mills TAE, MD Chapman. Dust mites: immunology, allergic disease, and environmental control. *J Allergy Immunol* 1987;80:755-777.
- Platts-Mills T.A.E., Thomas W.R, Aalberse R.C., Vervloet D., Chapman M.D.. Dust mite allergens and asthma: report of a second international workshop. *J Allergy Clin Immunol* 1992;89:1046-1060.
- Platts-Mills T.A., Vervloet D., Thomas W.R., Aalberse R.C., Chapman M.D. Indoor allergens and asthma: report of the Third International Workshop, Cuenca, Spain. *J allergy Clin Immunol* 1997;100:s2-s24.
- Price J.A., Pollock I., Little S.A., Longbottom J.L., Warner J.O. Measurement of airborne mite antigen in homes of asthmatic children. *Lancet* 1990;336:895-897.
- Rizzo M.C., Naspitz C.K., Fernandez-Cladas E., et al. Endotoxin exposure and symptoms in asthmatic children. *Pediatric Allergy Immunol* 1997;8:121-26.
- Rosenstreich D.L., Eggleston P., Kattan M., Baker D., Slavin R.G., Gergen P., Mitchell H, McNiff-Mortimer K., Lynn H., Ownby D., Malveaux F. The role of cockroach allergy and exposure to cockroach allergen in causing morbidity among inner-city children with asthma. *N Engl J Med*. 1997 May 8;336(19):1356-63.
- Rylander R., Persson K., Goto H., Yuasa K., Tanaka S. Airborne Beta-1,3-Glucan may be related to symptoms in sick buildings. *Indoor Environment* 1992;1:263-7.
- Rylander R., Hsieh V., Courteheuse C. The first case of sick building syndrome in Switzerland. *Indoor Environment* 1994;3:159-62.
- Rylander R. Airway responsiveness and chest symptoms after inhalation of endotoxin or (1→3)-β-D-Glucan. *Indoor Built Environment* 1996;5:106-11.

- Rylander R. Airborne (1→3)-β-D-glucan and airway disease in a Day-care center before and after renovation. *Archives of Environmental Health* 1997a;52: 281-5.
- Rylander R. Investigations of the relationship between disease and airborne (1→3)-β-D-glucan in building. *Mediators of inflammation* 1997b;6:257-77.
- Rylander R, Norhall M, Engdahl U, Tunsäter A, Holt PG. Airways inflammation, atopy, and (1→3)-β-D-glucan exposure in two schools. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1998;158:1685-7.
- Rylander R, Thorn J, Attefors R. Airways inflammation among workers in a paper industry. *Eur Resp J* 1999;13: 1151-7.
- Schou C, Lind P, Fernandez-Caldas E, Lockey RF, Lowenstein H. Identification and purification of an important cross-reactive allergen from American (*Periplaneta Americana*) and German (*Blattella germanica*) cockroach. *J Allergy Clin Immunol* 1990;86:935-946.
- Schou C. Defining allergens of mammalian origin. *Clin Exp Allergy* 1993;23:7-14.
- Sears MR, Herbison GP, Holdaway MD, Hewitt CJ, Flannery EM, Silva, PA. The relative risk of sensitivity to grass pollen, house dust mite and cat dander in the development of childhood asthma. *Clin Exp Allergy* 1989;19:419-424.
- Sichere SH, Wood RA, Egglestone PA. Determinants of airway responses to cat allergen: comparison of environmental challenge to quantitative nasal and bronchial challenge. *J Allergy Clin Immunol* 1997;99:798-805
- Sonesson A, Larsson L, Fox A, Westerdahl G, Odham G. Determination of environmental levels of peptidoglycan and lipopolysaccharide using gas chromatography-mass spectrometry utilizing bacterial amino acids and hydroxy fatty acids as biomarkers. *J Chromatogr Biomed Appl* 1988;431:1-15.
- Spieksma FThM, Zuidema P, Leupen MJ, High altitude and house-ust mites. *Br Med J* 1971;1:82-4.
- Sporik R, HolgateST, Platts-MillsTAE, Cogswell JJ. Exposure to house dust mite allergen (Der p1) and development of asthma in childhood. A prospective study. *N Engl J Med* 1990;323:502-7.
- Strien van RT, Verhoeff AP, Brunekreef B, Wijnen van JH. Mite antigen in house dust: relationship with different housing characteristics in the Netherlands. *Clin Exp Allergy* 1994;24:843-53.
- Strien van RT, Koopman LP, Kerkhof M, Spithoven J, de Jongste JC, Gerritsen J, Neijens HJ, Aalberse RC, Smit HA, Brunekreef B. Mite and pet allergen levels in homes of children born to allergic and nonallergic parents: the PIAMA study. *Environ Health Perspect.* 2002;110:A693-8.
- Svanes C, Jarvis D, Chinn S, Burney P. Childhood environment and adult atopy: Results from the European Community Respiratory Health Survey. *J Allergy Clin Immunol* 1999; 103: 415-20.
- Tammes E, De Borst AR, Hutink BM. Inventarisatie van vocht en schimmelproblemen in woningen. Bouwcentrum, Rotterdam, 1995.
- Tobin RS, Baranowski E, Gilman AP et al. Significance of fungi in indoor air: report of a working group. *Can J Public Health* 1987, 78:s1-s14.
- Vanto T, Koivikko A. Dog hypersensitivity in asthmatic children. A clinical study with special reference to the relationship between the exposure to dogs and the occurrence of hypersensitivity symptoms. *Acta Paediatr Scand* 1983;72:571-575.
- Verhoef J, Kalter E. Endotoxic effects of peptidoglycan. In: ten Cate J.W., Büler H.R., sturk A (eds). *Bacterial endotoxins: structure, biomedical significance, and detection with the Limulus Amebocyte Lysate test.* New York, Alan R. Liss Inc, 1985:101-112.

- Verhoeff A.P., van Reenen-Hoekstra E.S., Samson R.A., et al. Fungal propagules in house dust. I. Comparison of analytic methods and their value as estimators of potential exposure. *Allergy* 1994;49:533-9.
- Verhoeff A.P., Burge H.A. Health risk assessment of fungi in home environments. *Ann Allergy Asthma Immunol* 1997;78:544-56.
- Von Mutius E., Braun-Fahrlander C., Schierl R., et al. Exposure to endotoxin or other bacterial components might protect against the development of atopy. *Clin Exp Allergy* 2000; 30: 1230-34.
- VROM. Qualitative housing registration 1989-1991. Results of a nationwide sample (in Dutch). VROM, Den Haag, 1993.
- Wahn U., Lau S., Bergmann R., Kulig M., Forster J., Bergmann K., Bauer C.P., Guggenmoos-Holzmann I. Indoor allergen exposure is a risk factor for sensitisation during the first three years of life. *J Allergy Clin Immunol* 1997;99:763-9.
- Williamson I.J., Martin C.J., McGill G., Monie R.D., Fennerty A.G.. Damp housing and asthma: a case-control study. *Thorax* 1997 Mar;52(3):229-34.
- World Health Organisation. Concern for Europe's tomorrow: Health and Environment in the WHO European Region/WHO, Copenhagen, 1994.
- Wouters I.M., Douwes J., Doekes G., Thorne P.S., Heederik D.J.J. Increased levels of bacterial endotoxin and fungal antigens in homes with indoor storage of organic household waste. *Appl Environ Microbiol* 2000;66:627-631.
- Wijnen van J.H., Verhoeff A.P., Mulder-Folkerts D.K., Brachel H.J., Schou C. Cockroach allergen in house dust. *Allergy* 1997;52:460-4.
- Zhiping W., Malmberg P., Larsson B.M., Larsson K., Larsson L., Saraf A. Exposure to bacteria in swine-house dust and acute inflammatory reactions in humans. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;154:1261-6.
- Zock J.P., Jarvis D., Luczynska C., et al. Housing characteristics, reported mold exposure, and asthma in the European Community Respiratory Health Survey. *J Allergy Clin Immunol* 2002;110:285-92.
- Zureik M., Neukirch C., Leynaert B., et al. Sensitisation to airborne moulds and severity of asthma: cross sectional study from European Community respiratory health survey. *BMJ* 2002;325:411-4.
- Zwan van der J.C., Orie N.M.G., Kauffman H.F., et al., Bronchial obstructive reactions after inhalation with endotoxin and precipitinogens of *Haemophilis influenzae* in patients with chronic non-specific lung disease. *Clin Allergy* 1982;12:547-59.

5. Gepercipieerde luchtkwaliteit en ventilatie

Tabel 5.1 Richtlijnen gepercipieerde luchtkwaliteit en ventilatie

Agens	Richtlijn ¹⁹	Opmerking
CO ₂ concentratie	800 – 1200 ppm	Zie 5.1.
Ventilatie	25 m ³ per uur per persoon	Zie 5.2.
Ventilatievoud	0,5 – 1	Zie 5.2

De in dit hoofdstuk besproken onderwerpen (gepercipieerde luchtkwaliteit en ventilatie) zijn sterk afhankelijk van het type woning, de aanwezigheid van ventilatiesystemen en bewonersgedrag. Omdat het RIVM weinig expertise heeft op dit terrein, wordt hier slechts een overzicht gegeven van bestaande richtlijnen.

5.1. Gepercipieerde luchtkwaliteit

In de praktijk wordt meestal gebruik gemaakt van de CO₂-concentratie om na te gaan of de ventilatie voldoende is. CO₂ is doet daarbij dus dienst als marker. Er wordt aangenomen dat daarmee ook de concentraties van andere stoffen binnenshuis niet oplopen²⁰. Zonder kennis van andere bronnen in een specifieke situatie kan de CO₂ -concentratie echter nooit een garantie zijn voor voldoende ventilatie respectievelijk een gezond binnenmilieu. Bij een CO₂-concentratie tussen de 800 en 1200 ppm wordt het binnenmilieu door de aanwezigen in het algemeen niet als ‘muf’ ervaren. Bij hogere concentraties kunnen klachten optreden van stank, benauwdheid, concentratiestoornissen, moeheid etc²¹.

5.2. Ventilatie

Door het verversen van lucht in de woning hebben bewoners zelf invloed op het binnenmilieu. Voldoende ventilatie voorkomt dat stoffen die binnenshuis geëmitteerd worden (zoals verbrandingsgassen, radon en vluchtige organische stoffen) zich ophopen in het binnenmilieu. Natuurlijk kunnen door ventilatie ook stoffen van buiten naar binnen komen, maar in het algemeen geldt dat door ventilatie het binnenklimaat verbetert.

De Gezondheidsraad (GR, 1984) adviseert voor woningen een minimale verse luchttoevoer van 25 m³ per uur per persoon. Dit advies is vastgesteld op basis van de gedachte dat alleen onvermijdbare bronnen in ogenschouw moeten worden genomen in een ventilatieadvies. Daarom is de GR uitgegaan van de mens zelf, met als maatstaven lichaamsgeuren en de CO₂ concentratie. De GR erkent overigens dat een ruimere ventilatie gunstiger is voor de gezondheid.

In de Nederlandse Praktijkrichtlijn 1088 (NPR 1088) zijn aanwijzingen voor, en voorbeelden van, ventilatievoorzieningen gegeven. NEN 2687 geeft minimum en maximumeisen voor de luchtdoorlatendheid van woningen. Voor woningen met een volume tot 250 m³ moet de lucht volumestroom minstens 30 l/sec zijn. Voor woningen met een volume van 250 – 500 m³ is dat minstens 50 l/sec. Bij zeer energiezuinige

¹⁹ Dit is geen gezondheidkundige advieswaarde

²⁰ Metingen in de praktijk wijzen ook op samenhang. Zo vonden bijvoorbeeld Van der Lucht e.a. (1996) een samenhang tussen CO₂ concentratie en diverse andere gemeten verontreinigingen.

²¹ Pas bij CO₂-concentraties in de buurt van de 30.000 ppm ontstaan gezondheidsklachten die te wijten zijn aan CO₂.

woningen, woningen met luchtverwarming of woningen met gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning, zijn deze waarden resp. 50 en 80 l/sec.

Voor een woning van 250 – 500 m³ betekent dat een ventilatie van 180 – 280 m³ per uur oftewel een ventilatievoud van circa 0,5 als minimale eis. Dat is aan de lage kant. Het Handboek Binnenmilieu beschouwt een ventilatievoud van 1 als minimum. De discrepantie met de eis van de GR (25 m³ per persoon) ligt erin dat de laatste alleen de mens beschouwt als bron en geen rekening houdt met stoffen die vrijkomen uit de bouwmaterialen en in de woning.

In de praktijk geldt dat ook bij voldoen aan de bouwvoorschriften, de ventilatie niet altijd voldoende zal zijn. De bereikte ventilatie is mede afhankelijk van meteorologische omstandigheden en karakteristieken van de woning (zoals ligging) en bewonersgedrag (gebruik maken van de ventilatiemogelijkheden, openzetten ramen en deuren). In nieuwbouwwoningen is meestal mechanische ventilatie geplaatst, onder andere op plekken waar vocht moet worden afgevoerd. Dergelijke systemen vervuilen relatief snel, waardoor de capaciteit in de praktijk toch nog vaak te laag is. In oudere woningen is meestal geen mechanische ventilatie aanwezig, en is de mate van ventilatie in hogere mate afhankelijk van het openzetten van ramen en deuren, hetgeen de bewoners zelf moeten doen. Indien oude woningen bovendien worden geïsoleerd zonder aanpassing van het ventilatiesysteem, zal de ventilatie aanmerkelijk verminderen. (Van Veen et al., 2001)

De afgelopen jaren is er internationaal veel aandacht besteed aan de mogelijke relatie tussen ventilatie, CO₂, (school)prestaties, Sick Building Syndrome (Building Related Illness) en specifieke luchtwegklachten, (Wargocki e.a. 2000/2002, Smedje e.a. 2000, Milton 2000, Bouwman 1981, Seppänen e.a. 1999/2002, Fisk e.a. 2002, Apte e.a. 2000, Nörback e.a. 1995, Kim e.a. 2002, Erdmann e.a. 2002). In de meeste studies wordt een lans gebroken voor betere ventilatie, goed onderhoud van bestaande en ontwikkeling van nieuwe ventilatie- en airconditioning systemen. Een aantal studies suggereert dat de ventilatie zodanig zou moeten worden verhoogd dat de CO₂-concentratie lager is dan de eerder genoemde richtlijn van 800 – 1200 ppm. Zo pleit TNO voor een CO₂-concentratie van 600 – 800 ppm, te differentiëren naar bevolkingsgroep (TNO, 2003).

5.3. Referenties

- Apte, M.G. et al: Associations Between Indoor CO₂ Concentrations and Sick Building Syndrome Symptoms in U.S. Office Buildings: An Analysis of the 1994-1996 BASE Study Data; *Indoor Air* 2000; 10: 246-257
- Bouwman, H.B.: Binnenklimaat in gebouwen, onderzoek naar de toelaatbare 'minimum verseluchttoevoer per persoon' in gebouwen; IMG-TNO rapport C470, januari 1981
- Erdmann, C.A. et al: Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the base study revisited: analyses of the 100 building dataset; *Proceedings: Indoor Air 2002*: 443-448
- Fisk, W.J. et al: Worker performance and ventilation: analyses of time-series data for a group of call-center workers; *Proceedings: Indoor Air 2002*: 790-795
- Gezondheidsraad (1984) Advies inzake het binnenhuisklimaat, in het bijzonder een ventilatieminimum, in Nederlandse woningen.
- Handboek Binnenmilieu (1996). GGGD Amsterdam.

- Kim, C.S. et al: Effect of Indoor CO₂ Concentrations of Wheezing Attacks in Children; Proceedings: Indoor Air 2002: 492-497
- Lucht F. van der, Meijer G. Duijm F., Broer J., Nijdam R (1996). Binnenmilieu-Luchtwegonderzoek. GGD Groningen Stad en Ommelanden.
- Milton, D.K.: Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints; Indoor Air 2000; 10: 212
- Norbäck, D. et al: Asthmatic symptoms and volatile organic compounds, formaldehyde, and carbon dioxide in dwellings; Occup Environ Med 1995 Jun; 52 (6): 388-95
- Seppänen, O.A. et al: Association of Ventilation Rates and CO₂ Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings; Indoor Air 1999; 9: 226-252
- Seppänen, O.A., Fisk, W.J.: Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers; Indoor Air 2002; 12: 98-112
- Smedje, G., Norbäck, D.: New Ventilation Systems at Select Schools in Sweden – Effects on Asthma and Exposure; Archives of Environmental Health, January/February 2000 (Vol. 55 (No.1)): 18-25
- TNO (2003). Relatie EPC-niveau en gezondheidsrisico's als onderdeel van het kwaliteitsniveau van gebouwen (2003-GGI-R057).
- Veen M.P. van, Crommentuijn L.E.M., Janssen M.P.M., Hollander A.E.M. de (2001). Binnenmilieukwaliteit: ventilatie en vochtigheid. Een studie voor Milieuverkenning 5. RIVM-rapport 630920 001).
- Wargocki, P. et al: The Effects of Outdoor Air Supply Rate in an Office on Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity; Indoor Air 2000; 10: 222-236
- Wargocki, P. et al: Ventilation and Health in non-industrial environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN); Indoor Air (2002); 12: 113-128

6. Overig

6.1. *Tabaksrook*

Door roken komt een groot aantal schadelijke stoffen in de binnenlucht. Voorbeelden daarvan zijn PAK, aldehyden en fijn stof. In principe zou voor een advieswaarde naar de afzonderlijke stoffen gekeken kunnen worden. In een advies van de gezondheidsraad (GR, 1990) wordt dit echter afgeraden. De reden daarvoor is dat tabaksrook een zeer ingewikkeld mengsel van stoffen is, waartussen een wisselwerking kan optreden. Dat (passief) roken een negatief effect op de gezondheid heeft, is overtuigend aangetoond. Blootstelling aan omgevingstabakrook leidt onder andere tot verhoogde kans op longkanker (en andere vormen van kanker), hartaandoeningen, luchtwegklachten en een lager geboortegewicht (GR 2003).

Geen advieswaarde

Een veilige blootstellingsgrens voor tabaksrook is niet te geven. Op grond van gezondheidkundige overwegingen dient het roken (binnenshuis) te worden vermeden. Dit past ook in het huidige kabinetsbeleid.

6.2 *Referenties*

Gezondheidsraad (1990). Passief roken. Beoordeling van de schadelijkheid van omgevingstabakrook voor de gezondheid. GR 1990/18

Gezondheidsraad (2003). Volksgezondheidsschade door passief roken. Den Haag: Gezondheidsraad, 2003; publicatie nr 2003/21

BIJLAGE A: Onderbouwing gezondheidkundige advieswaarden chemische stoffen

AROMATISCHE VERBINDINGEN

- **Benzeen**

Voor benzeen bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 2001 heeft het RIVM benzeen beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Benzeen is een genotoxisch werkend carcinogeen, een categorie van stoffen waarvoor in de normstelling geen TCLs worden afgeleid. In plaats daarvan wordt het kankerrisico gekwantificeerd. In het Nederlandse milieubeleid wordt het risico-niveau van 1 op 10.000 per leven als het Maximum Toelaatbare Risico gehanteerd. Voor benzeen wordt dit risico-niveau bereikt bij levenslange expositie aan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RIVM, 2001a). De officiële Nederlandse grenswaarde voor benzeen uit het Besluit Luchtkwaliteit bedraagt $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In EU-kader bestaat het voornemen om per 2010 een grenswaarde van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in te voeren.

- **Tolueen**

Voor toluen bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 2001 heeft het RIVM toluen beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit leidde tot een TCL van $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RIVM, 2001a).

- **Xyleen**

Ook xyleen is in 2001 door het RIVM beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit leidde tot een TCL van $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RIVM, 2001a)

- **Trimethylbenzeen**

Trimethylbenzeen (CAS 25551-13-7) kent drie isomeren:

1,3,5-trimethylbenzeen (synoniem: mesityleen; CAS 108-67-8)

1,2,4-trimethylbenzeen (synoniem: pseudocumeen; CAS 95-63-6)

1,2,3-trimethylbenzeen (synoniem: hemimelliteen; CAS 526-73-8)

De trimethylbenzenen komen van nature voor in aardolieproducten en sommige daarvan afgeleide oplosmiddelen bevatten hoge concentraties (tot meer dan 50%) van deze verbindingen. Voor deze van aardolie afgeleide mengsels heeft het RIVM in 1995 een chronische grenswaarde voor lucht (TCL) afgeleid van $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Een deel van deze grenswaarde heeft dus betrekking op trimethylbenzeen.

Voor de trimethylbenzenen is een MAC-waarde van $100 \text{mg}/\text{m}^3$ van kracht. Deze waarde is overgenomen van de Amerikaanse TLV, die berust op gezondheidkundige gegevens. De waarde geldt voor de som van alle aanwezige isomeren.

Met de individuele isomeren zijn in de jaren vanaf 1996 diverse toxicologische experimenten uitgevoerd door een Poolse onderzoeksgroep. Acute en subacute neurotoxiciteitsexperimenten werden uitgevoerd met alle drie de isomeren (Korsak en Rydzynsky, 1996; Waiderna et al., 2002) en subchronische toxiciteitsstudies met 1,2,3- en 1,2,4-trimethylbenzeen (Korsak et al. 2000a en 2000b). Daarnaast werd ook de genotoxiciteit van de isomeren onderzocht (Janik-Spichowicz et al., 1998). Voor

1,3,5-trimethylbenzeen is er verder nog een 90-dagenstudie in ratten, uitgevoerd in 1995. Van deze industrie-gesponsorde studie ontbreekt echter alle inhoudelijke informatie.

In de Poolse studies bleek dat bij acute expositie 1,2,3-trimethylbenzeen sterker neurotoxisch werkt dan de beide andere isomeren (EC50-waarden voor pijnvermijdingsgedrag 4240 mg/m³ tegenover 5575 en 6060 mg/m³) (Korsak & Rydzynski, 1996). De potentie voor respiratoire irritatie bij acute toediening was vergelijkbaar voor de drie isomeren, zo blijkt uit een studie naar de respiratoire ademhalingsnelheid in mannelijke muizen (RD50-waarden van 2895, 2595 en 2570 mg/m³) (Korsak et al., 1997). In de subacute neurotoxiciteitsexperimenten voor de afzonderlijke isomeren (Gralewicz et al., 1997; Wiaderna et al., 1998; Wiaderna et al., 2002) waren voor alle isomeren sommige neurologische testparameters afwijkend bij concentraties vanaf 500 en 1250 mg/m³ (6 uur/dag, 5 dagen/week, 4 weken). De desbetreffende testen werden uitgevoerd in de periode van 14 tot 61 dagen na de laatste expositie. Opvallend is dat het neurotoxische effect niet toenam met de concentratie (het was telkens het grootste bij de middenconcentratie van 500 mg/m³ en nam weer af bij 1250 mg/m³). Bij 125 mg/m³, de laagste testconcentratie, waren de effecten marginaal of helemaal afwezig.

In de subchronische inhalatiestudies met 1,2,3- en 1,2,4-trimethylbenzeen (Korsak et al., 2000a en 2000b; Korsak en Rydzynski, 1996) werden 125, 500 en 1250 mg/m³ toegediend aan ratten gedurende 6 uur/dag, 5 dagen/week over een periode van 13 weken. Dezelfde neurotoxische effecten werden waargenomen als in de subacute studies. Slechts geringe systemische toxiciteit werd waargenomen. Alleen bij 1230 mg/m³ waren er geringe effecten op bloed, lever en longen. De NOAEL uit deze studies bedraagt 125 mg/m³.

De genotoxiciteit van de trimethylbenzenen werd onderzocht in bacteriën (Ames-test in *S. typhimurium*) en zoogdieren (micronucleus-test in muizen) (Janik-Spiechowicz et al., 1998). In bacteriën werd met 1,2,3-trimethylbenzeen een positieve respons gezien zonder metabole activering (met activering negatief). Beide andere isomeren waren negatief. De micronucleustest in muizen was negatief voor alle isomeren. Wel werden verhoogde incidenties SCEs gevonden voor alle drie de isomeren. Op basis van dit onderzoek is geen definitieve conclusie over de genotoxische potentie van de trimethylbenzenen mogelijk.

Zoals gezegd heeft het RIVM in 1995 een TCL vastgesteld voor van aardolie afgeleide oplosmiddelen (de zgn. HBAS: High-Boiling Aromatic Solvents) die voor meer dan de helft uit trimethylbenzeen aanwezig kunnen bestaan (RIVM, 1995a). In die afleiding bedroeg de gebruikte NOAEL 450 mg/m³, afkomstig uit een 1-jaarsstudie in ratten. In die studie werd geen neurotoxiciteit gerapporteerd, zelfs niet bij de hoogste testconcentratie van 1800 mg/m³. Op basis van de waarnemingen uit de nieuwe Poolse trimethylbenzeen-studies (milde neurotoxische effecten bij 500 mg/m³), zou dergelijke toxiciteit wel verwacht worden (de geteste oplosmiddelen bestaan immers voor ongeveer de helft uit trimethylbenzeen) en wanneer specifieke neurologische testen zouden zijn uitgevoerd, mogelijk ook gevonden zijn. De conclusie is dat de NOAEL van 450 mg HBAS/m³ de neurotoxische effecten door de trimethylbenzenen (en mogelijk ook door andere alkylbenzenen in het mengsel)

mogelijk niet geheel afdekt en om deze reden zou voor de trimethylbenzenen de NOAEL van 125 mg/m^3 uit de subchronische experimenten met 1,2,3- en 1,2,4-trimethylbenzeen een beter vertrekpunt zijn bij de afleiding van een TCL. Vanuit breder perspectief echter, dat wil zeggen de alkylbenzenen al hele groep beschouwend, is de beschikbare dataset voor de trimethylbenzenen beperkt en zijn sommige verwante stoffen zoals xyleen en isopropylbenzeen aanzienlijk beter onderzocht. De overall-NOAELs voor deze laatste moeten worden meegewogen teneinde te komen tot een adequate TCL voor alkylbenzenen (zie de evaluatie beneden).

- **Methylethylbenzeen**

Methylethylbenzeen (synoniem: ethyltolueen; CAS 25550-14-5) kent drie isomeren:

- 1-methyl-2-ethylbenzeen (CAS 611-14-3)
- 1-methyl-3-ethylbenzeen (CAS 620-14-4)
- 1-methyl-4-ethylbenzeen (CAS 622-96-8)

De methylethylbenzenen komen van nature voor in aardolieproducten en sommige daarvan afgeleide oplosmiddelen bevatten hoge concentraties (20-30%) van deze verbindingen. Voor deze van aardolie afgeleide mengsels heeft het RIVM in 1995 een chronische grenswaarde voor lucht (TCL) afgeleid van $800 \mu\text{g/m}^3$. Een deel van deze grenswaarde heeft dus betrekking op methylethylbenzeen.

De beschikbare toxicologische gegevens voor methylethylbenzeen (mengsel van isomeren) en voor twee van de drie isomeren zijn uiterst beperkt. Met 1-methyl-4-ethylbenzeen echter zijn rond 1980 diverse studies uitgevoerd, alle met orale toediening. Deze studies zijn uitgevoerd door de Amerikaanse industrie en de rapporten zijn ingeleverd bij EPA/OTS in het kader van de Toxic Substances Control Act. Het gaat om studies naar de acute, subacute en semichronische toxiciteit in ratten alsmede studies naar de teratogene werking in ratten en konijnen. Ook de genotoxiciteit is bestudeerd *in vitro* (bacteriën, gisten, zoogdiercellen) en *in vivo* (fruitvliegen, ratten). Van deze studies ontbreekt echter verdere informatie (zelfs een samenvatting van de resultaten is niet beschikbaar).

- **n-Propylbenzeen**

Over n-propylbenzeen (CAS 103-65-1; synoniem: isocumeen) zijn in de toxicologische literatuur geen bruikbare data te vinden.

- **i-Propylbenzeen**

De toxicologische gegevens voor isopropylbenzeen (synoniem: cumeen; CAS 98-82-8) zijn recent beoordeeld in het kader van het EU-project Bestaande Stoffen (EU, 2001). Daarnaast is er de beoordeling door de US-EPA uit 1997.

Voor isopropylbenzeen is een MAC-waarde van kracht van 100 mg/m^3 . Deze is overgenomen van de Amerikaanse TLV, die is gebaseerd op gezondheidkundige gegevens.

In de beoordeling door de EU werd geconcludeerd dat isopropylbenzeen een geringe acute toxiciteit bezit. In proefdieren deden zich neurologische effecten voor bij $\geq 2450 \text{ mg/m}^3$ (NOAEL 490 mg/m^3) na eenmalige expositie gedurende 6 uur. Bij de mens is sensorische irritatie waargenomen bij concentraties tussen 1470 en

1960 mg/m³ (NOAEL onbekend). In subchronische experimenten in ratten traden depressie van het zenuwstelsel en gewichtverhogingen in lever, nieren en bijnieren op. De NOAEL voor herhaalde blootstelling was 490 mg/m³ met minimale effecten bij LOAEL van 2450 mg/m³. In de uitgevoerde genotoxiciteitsstudies was isopropylbenzeen negatief (geen effect). Ook was de stof niet reproductietoxisch. In het kader van dit EU-project worden geen grenswaarden afgeleid voor stoffen. De US-EPA (1997a) heeft voor cumeen wel een chronische grenswaarde afgeleid en wel op basis van een subchronische NOAEL van 2450 mg/m³. Deze NOAEL werd in de EU-beoordeling aangemerkt als een minimale LOAEL. Gebruikmakend van de NOAEL van 2450 mg/m³ en met een totale onzekerheidsfactor van 1000 leidde de EPA een chronische grenswaarde van 400 µg/m³.

De aanpak van de EU volgend kan op basis van de NOAEL van 490 mg/m³ als volgt een grenswaarde voor isopropylbenzeen afgeleid worden. De NOAEL gecorrigeerd voor beperkte blootsteldingsduur in de studie (extrapolatie naar continue expositie) bedraagt 87 mg/m³. Door deze gecorrigeerde NOAEL te delen door een veiligheidsfactor kan de TCL worden berekend. Hiervoor wordt een factor van 100 gekozen, opgebouwd uit 10 voor de extrapolatie van proefdier naar mens en 10 voor de bescherming van gevoelige groepen in de menselijke populatie. Gezien de lichte aard van het kritische effect wordt een hogere factor niet nodig geacht. Aldus resulteert voor isopropylbenzeen een TCL van 870 µg/m³.

- **Isopropylmethylbenzeen**

Isopropylmethylbenzeen (synoniem: cymeen; CAS 25155-15-1) kent drie isomeren:

1-methyl-4-isopropylbenzene (synoniem: p-cymeen; CAS 99-87-6)

1-methyl-2-isopropylbenzeen (synoniem: o-cymeen; CAS 527-84-4)

1-methyl-3-isopropylbenzeen (synoniem: m-cymeen; CAS 535-77-3)

Voor geen van deze isomeren zijn in de toxicologische literatuur bruikbare data te vinden.

- **n-Butylbenzeen**

Over n-butylbenzeen (CAS 104-51-8) zijn in de toxicologische literatuur geen bruikbare data te vinden.

Evaluatie Alkylbenzenen

Onderstaande tabel vat de TCLs voor alkylbenzenen samen.

Stof	TCL in µg/m ³	Basis voor TCL
Tolueen	400	Humane LOAEL 332 mg/m ³
Xyleen	870	Proefdier LOAEL 870 mg/m ³
Trimethylbenzeen	Geen waarde afleidbaar	Proefdier NOAEL 125 mg/m ³
Ethylbenzeen	770	Proefdier NOAEL 430 mg/m ³
Methylethylbenzeen	Geen waarde afleidbaar	
n-Propylbenzeen	Geen waarde afleidbaar	
Isopropylbenzeen	870	Proefdier NOAEL 490 mg/m ³
n-butylbenzeen	Geen waarde afleidbaar	
HBAS	800	Proefdier NOAEL 450 mg/m ³

De TCL-waarden en NOAELs voor xyleen, ethylbenzeen, isopropylbenzeen en voor het mengsel HBAS liggen dicht bij elkaar. Voor de trimethylbenzenen is de NOAEL lager. In de subchronische inhalatiestudies waaruit deze NOAEL is afgeleid, traden bij

500 mg/m³ afwijkingen op in bepaalde neurotoxicologische testparameters. Voor andere, aanzienlijk beter onderzochte alkylbenzenen is een dergelijk effect bij dergelijke concentraties niet bekend. Weging van alle gegevens samen wijst in de richting van een TCL van rond 800 µg/m³ voor de alkylbenzenen als groep. De marge tussen een dergelijke TCL en de lagere NOAEL van 125 mg/m³ (uit de Poolse studies met twee trimethylbenzenen) is voldoende ruim om de TCL veilig te achten ten aanzien van de waargenomen neurotoxische effecten.

In concreto wordt voorgesteld de waarde voor isopropylbenzeen van 870 µg/m³ ook toe te passen voor trimethylbenzeen, methylethylbenzeen, n-propylbenzeen en n-butylbenzeen. De waarde van 870 µg/m³ geldt dus voor de som van deze vijf stoffen. Uiteraard blijven de bestaande TCLs voor toluen, xyleen, ethylbenzeen en de HBAS daarnaast gewoon gehandhaafd.

- **Styreen**

Voor styreen bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 2001 heeft het RIVM styreen beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit leidde tot een TCL van 900 µg/m³ (RIVM, 2001a).

ALIFATISCHE VERBINDINGEN

- **Hexaan**

n-Hexaan is in de reeks van lineaire alifatische alkanen (butaan, pentaan, hexaan, heptaan) de meest toxische verbinding. De stof veroorzaakt perifere neuropathie bij de mens, een effect waarvoor de metabooliet 2,5-hexaandion verantwoordelijk is. De toxicologie van hexaan is beoordeeld door de US-EPA in 1993 en door de US-ATSDR in 1999. Het RIVM heeft in 1996 en 2000 op basis van deze uitgebreide reviews voorstellen gedaan voor orale en inhalatoire MTR-waarden. De voorgestelde TCL voor n-hexaan bedraagt 200 µg/m³ (RIVM, 1996a, 2000).

- **Heptaan**

De toxicologische gegevens voor heptaan zijn in 2001 beoordeeld door het RIVM. Dit vond plaats in het kader van de beoordeling van minerale olie waarvan heptaan deel uitmaakt (kader: *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*). Op basis van studies uitgevoerd met n-heptaan werd voor alifatische fractie in minerale olie (pentaan, heptaan, octaan, met uitzondering van n-hexaan) een TCL voorgesteld van 18400 µg/m³ (RIVM, 2001). Deze waarde is dus van toepassing op de som van deze alifatische alkanen. n-Hexaan werd buitengesloten omdat deze sterk neurotoxische stof in toxicologisch opzicht niet vergelijkbaar is met de andere lineaire en vertakte lagere alkanen.

- **Octaan**

De toxicologische gegevens voor octaan zijn in 2001 beoordeeld door het RIVM. Dit vond plaats in het kader van de beoordeling van minerale olie waarvan octaan deel uitmaakt. Op basis van studies uitgevoerd met n-heptaan werd voor alifatische fractie in minerale olie (pentaan, heptaan, octaan, met uitzondering van n-hexaan) een TCL voorgesteld van 18400 µg/m³ (RIVM, 2001a). Deze waarde is dus van toepassing op de som van deze alifatische alkanen. n-Hexaan werd buitengesloten omdat deze sterk neurotoxische stof in toxicologisch opzicht niet vergelijkbaar is met de andere lineaire en vertakte lagere alkanen.

- **Hogere alkanen**

In de beoordeling van minerale olie door het RIVM (RIVM, 2001a) werd voor de fractie van hogere alifatische alkanen (nonaan en hoger) een TCL voorgesteld van $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze waarde is afgeleid op basis van experimenten met gedearomatiseerde aardoliefracties waarin hoge concentraties hogere alifatische alkanen aanwezig waren.

- **Cyclohexaan**

De toxicologische gegevens voor deze stof werden eerder door het RIVM beoordeeld in 1996 ten behoeve van afleiding van een voorlopige TCL (RIVM, 1996b). Cyclohexaan is opgenomen in het Bestaande Stoffen programma van de EU en dat kader is een concept risk assessment-document beschikbaar uit het jaar 2000 (EU, 2000).

In 1996 stelde het RIVM een voorlopige TCL voor van $270 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gebaseerd op een NOAEL $1515 \text{mg}/\text{m}^3$ uit een 10-wekenexperiment in konijnen. Deze evaluatie geschiedde op ad hoc-basis. Voor de genoemde EU-beoordeling daarentegen werden alle data diepgaand bestudeerd en de uitkomsten daarvan zijn daarom maatgevend geweest bij de huidige update van de TCL voor cyclohexaan.

Cyclohexaan is acuut weinig toxisch. Na herhaalde inademing, zo blijkt uit subacute en semichronische toxiciteitsexperimenten, doen zich slechts lichte levereffecten voor. De NOAEL voor dit effect bedraagt $6880 \text{mg}/\text{m}^3$. Acute neurotoxiciteit echter (narcotische veranderingen, veranderde motoractiviteit) deed zich in deze experimenten al bij lagere concentraties voor. De NOAEL voor dat effect was $1720 \text{mg}/\text{m}^3$. De neurotoxiciteit werd ook onderzocht in humane vrijwilligers die eenmalig werden blootgesteld aan 86 of $860 \text{mg}/\text{m}^3$. De uitgevoerde gedragstesten lieten geen afwijkingen zien.

De met cyclohexaan uitgevoerde genotoxiciteitstesten waren negatief (geen effect). In teratogeniteits- en reproductietoxiciteitsonderzoek bleek de stof geen schadelijke werking te hebben op de ontwikkeling en op de voortplanting.

Op basis van de NOAEL van $1720 \text{mg}/\text{m}^3$ uit de subchronische studies kan een nieuwe TCL afgeleid worden. Omgerekend naar continue expositie komt NOAEL overeen met $307 \text{mg}/\text{m}^3$. Door deze gecorrigeerde NOAEL te delen door een veiligheidsfactor kan de TCL worden berekend. Hiervoor wordt een factor van 100 gekozen, opgebouwd uit 10 voor de extrapolatie van proefdier naar mens en 10 voor de bescherming van gevoelige groepen in de menselijke populatie. Gezien de voorbijgaande aard van het kritische effect en de afwezigheid van genotoxisch en reproductietoxisch potentieel wordt een hogere factor niet nodig geacht. Aldus resulteert voor cyclohexaan een TCL van $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

GECHLOREERDE ALIFATISCHE VERBINDINGEN

- **Dichloormethaan**

Voor dichloormethaan bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 2001 heeft het RIVM dichloormethaan beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit leidde tot een TCL van 3000 µg/m³ (RIVM, 2001a).

- **Chloroform**

Voor chloroform bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 2001 heeft het RIVM chloroform beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit leidde tot een TCL van 100 µg/m³ (RIVM, 2001a).

- **1,2-Dichloorethaan**

Voor 1,2-dichloorethaan bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 2001 heeft het RIVM dichloorethaan beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. 1,2-dichloorethaan is een genotoxisch werkend carcinogeen, een categorie stoffen waarvoor in de normstelling geen TCLs worden afgeleid. In plaats daarvan wordt het kankerrisico gekwantificeerd. In het Nederlandse milieubeleid wordt het risico-niveau van 1 op 10.000 per leven als het MTR gehanteerd. Voor 1,2-dichloorethaan wordt dit risico-niveau bereikt bij levenslange expositie aan 48 µg/m³. Dit is een voorlopige waarde omdat hij gebaseerd is op orale data (route-naar-route extrapolatie) (RIVM, 2001a).

- **1,1,1-Trichloorethaan**

De toxicologische gegevens voor deze stof werden eerder door het RIVM beoordeeld in 1995 in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit resulteerde in TCL van 380 µg/m³ (RIVM, 1995). Nieuwe studies die zouden nopen tot bijstelling van de TCL, ontbreken.

- **1,2-Dichloorpropaan**

De toxicologische gegevens voor deze stof werden eerder door het RIVM beoordeeld in 1998 in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit resulteerde in TCL van 12 µg/m³ (RIVM, 1995).

- **Trichlooretheen**

Voor trichlooretheen bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 2001 heeft het RIVM trichlooretheen beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit leidde tot een voorlopige TCL van 200 µg/m³ (RIVM, 2001a).

- **Tetrachlooretheen**

Voor tetrachlooretheen bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 2001 heeft het RIVM tetrachlooretheen beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit leidde tot een TCL van 250 µg/m³ (RIVM, 2001a).

ALDEHYDEN

• **Formaldehyde**

Voor formaldehyde bestaat een zeer uitgebreide toxicologische literatuur. In 1995 heeft het RIVM de stof beoordeeld in het kader van het project *Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit*. Dit leidde tot een voorlopige TCL van $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RIVM, 1995). Deze waarde werd afgeleid op basis van een NOAEL voor oog-, keel- en neusirritatie bij de mens van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kortdurende expositie).

Het MTR voor formaldehyde in lucht zoals in het verleden vastgesteld door het ministerie van VROM bedraagt:

- $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 30 min-gemiddelde
- $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde

De streefwaarde voor lucht bedraagt $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaargemiddelde).

De Gezondheidsraad heeft recent een gezondheidkundige MAC-waarde voorgesteld van $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8-uursgemiddelde) (DECOS, 2003). (nu geldt nog de MAC-waarde van $1,5 \text{mg}/\text{m}^3$)

Formaldehyde komt algemeen voor als contaminant in lucht. Blijkens een recent rapport van de WHO komen in stedelijke en voorstedelijke gebieden in Canada concentraties in de buitenlucht voor tot enkele tientallen microgrammen per m^3 . Het hoogste daggemiddelde bedroeg $27,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2002). In binnenlucht lagen de 50, 95 en 99-percentielen over vijf Canadese studies op respectievelijk 30, 85 en $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze cijfers maken duidelijk dat de in 1995 door het RIVM voorgestelde TCL in veel situaties overschreden wordt. De vraag die zich aandient is in hoeverre de betrekkelijk ruime veiligheidsmarge van de factor 100, zoals toegepast in 1995, noodzakelijk is. Met formaldehyde zijn een aantal vrijwilligerstudies uitgevoerd die inzicht geven in de dosis-responscurve voor de inductie van sensorische irritatie bij de mens (het kritische effect bij de afleiding van de TCL). De resultaten van deze studies wijzen erop dat er een grote interindividuele variatie binnen de menselijke populatie bestaat in gevoeligheid voor sensorische irritatie door formaldehyde. Sommige individuen ervaren pas bij concentraties van groter dan $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ een reactie terwijl anderen dat al bij aanzienlijk lagere concentraties doen. Zo werden in een vrijwilligerstudie uit 1993 bij $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lichte symptomen van irritatie gerapporteerd.²² Sommige hypergevoelige individuen kunnen zelfs een concentratie van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of zelfs nog lager detecteren als een 'warm' gevoel in het gezicht, zo vermeldt de WHO (2000) in haar evaluatie. De effecten bij deze lage concentraties zijn van lichte aard. In WHO-beoordeling beveelt voor algemene bevolking een grenswaarde aan van $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30-minutengemiddelde). Zoals gezegd kunnen sommige gevoelige individuen al bij lagere concentraties hinder ondervinden. Het is niet mogelijk een betrouwbare schatting te geven van de concentratie waarbij zich dit niet meer zal voordoen.

Concluderend, lijkt gezien de lichte aard van het kritische effect (sensorische irritatie) de in 1995 gebruikte veiligheidsfactor van 100 aan de hoge kant. De aanbevolen

²² Studie van Pazdrak et al. (1993). Deze studie werd gebruikt door de US-ATSDR voor het afleiden een acute grenswaarde voor formaldehyde.

grenswaarde van de WHO (2000) van $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30-minutengemiddelde) wijkt slechts weinig af van het 30-minutengemiddelde MTR van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wellicht daarom dat het geldende MTR geen bijstelling behoeft. Daarbij dient wel de kanttekening gemaakt te worden dat sommige gevoelige individuen hinder en mogelijk lichte irritatie kunnen ondervinden bij concentraties beneden het MTR.

Overweging overige aldehyden

De meeste stoffen zijn nooit adequaat beoordeeld met het oog op luchtexpositie. Individuele datasets dienen nader bestudeerd en beoordeeld. De stoffen zijn allemaal in meerdere of mindere mate irriterend voor de luchtwegen. Een groeps luchtnorm ligt dan voor de hand. In zo'n groepsnorm dienen de individuele stoffen naar potentie aanwezig te zijn. Er zal dan gezocht moeten worden naar een testparameter waarmee de individuele potentie gekwantificeerd kan worden. Bij elkaar is dit een substantiële hoeveelheid werk die niet binnen dit project uitvoerbaar was. Hieronder is per aldehyde aangegeven welke informatie beschikbaar is.

- **Acetaldehyde**

Inhalatietoxicologie nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocument: Environmental Health Criteria nr. 167, WHO/IPCS 1995

- **Propanal**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocument: OECD SIDS

- **Crotonaldehyde**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocumenten: BUA 98, IARC 63, TSCATS-database (ongeevalueerde data)

- **Butanal**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocumenten: OECD SIDS, TSCATS-database (ongeevalueerde data)

- **Benzaldehyde**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocument: OECD SIDS, PTP Tr 378, TSCATS-database (ongeevalueerde data)

- **2-Methylbutanal**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocumenten: geen

- **Hexanal**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocumenten: geen

- **Acroleine**

Bestaande grenswaarden voor lucht: streefwaarde $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, MTR $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (jaargemiddeld), $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 minuten).

Brondocumenten: WHO/CICAD, EU Bestaande stoffen, US-EPA IRIS, ATSDR

- **Chlooraceetaldehyde**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocumenten: geen

- **Furfural**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocumenten: WHO/CICAD, EU Bestaande stoffen

- **Glutaaraldehyde**

RIVM beoordeling uit 2001. Overall NOAEL voor inhalatie was 0,1 mg/m³.

- **Valeriaanaldehyde**

Nooit beoordeeld door het RIVM.

Brondocument: DECOS (2003)

GECHLOREERDE BENZENEN

- **Cloorbenzeen**

Monochloorbenzeen is in 2001 door het RIVM beoordeeld in het kader van het project Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit. Dit leidde tot een voorlopige TCL van 500 µg/m³ (RIVM, 2001a).

- **1,4-Dichloorbenzeen**

1,4-Dichloorbenzeen is in 2001 door het RIVM beoordeeld in het kader van het project Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit. Dit leidde tot een TCL van 670 µg/m³ (RIVM, 2001a)

- **Trichloorbenzeen**

Trichloorbenzeen is in 2001 door het RIVM beoordeeld in het kader van het project Risico's in relatie tot Bodemkwaliteit. Voor de drie isomeren werd een gezamenlijke voorlopige TCL afgeleid van 50 µg/m³ (RIVM, 2001a)

POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN

De polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) komen vrij bij onvolledige verbrandingsprocessen. Over de toxicologische eigenschappen van deze groep milieucontaminanten bestaat een omvangrijke toxicologische literatuur. Het belangrijkste toxicologische effect van de PAK is kanker. Een werkgroep van de EU heeft in 2003 een risicobeoordeling gemaakt van het kankerrisico voor blootstelling aan PAK via de lucht (EU, 2003). Zoals gebruikelijk bij deze groep verbindingen wordt het kankerrisico uitgedrukt als de concentratie benzo(a)pyreen (B(a)P). De uitkomst van de beoordeling was dat het kankerrisico 8,7 x 10⁻⁵ bedroeg per ng B(a)P/m³ bij levenslange expositie. Vertaald naar het Maximale Toelaatbare Risico uit het Nederlandse Milieubeleid, dat voor genotoxisch werkende carcinogenen 1 op 10.000 bij levenslange expositie bedraagt, komt dit overeen met 1,2 ng B(a)P/m³. De EU-beoordeling leidde tot een voorgestelde 'assessment threshold' van 1 ng B(a)P/m³.

METALEN

- **Kwik**

Ook voor kwik bestaat een zeer omvangrijke toxicologische literatuur. Een werkgroep van de EU heeft onlangs een risicobeoordeling gemaakt voor kwik in lucht (EU, 2003). Deze werkgroep concludeerde tot een concentratie van 50 ng/m^3 als het maximaal toelaatbare voor metallisch kwik. De waarde is lager dan de TCL van 200 ng/m^3 zoals het RIVM die in 2001 heeft voorgesteld voor metallisch kwik.

- **Lood**

Voor lood bestaat een zeer omvangrijke toxicologische literatuur. Voor lucht is er een beoordeling in het kader van de WHO Air Quality Guidelines (WHO, 2000). Deze mondde uit in de aanbeveling van een maximum voor lucht van 500 ng/m^3 (als jaargemiddelde). Dit is gelijk aan de bestaande jaargemiddelde grenswaarde voor lood in lucht in Nederland van 500 ng/m^3 . Het 98-percentiel voor het 24-uursgemiddelde voor Nederland bedraagt 2000 ng/m^3 .

BESTRIJDINGSMIDDELEN

- **Chloorpyrifos**

Het insecticide chloorpyrifos behoort tot de groep van de organische fosfor-esters. Deze groep van bestrijdingsmiddelen remt de werking van het enzym cholinesterase dat een cruciale rol speelt in de prikkeloverdracht in het zenuwstelsel. Voor de stof is een uitgebreid pakket aan toxicologisch onderzoek beschikbaar dat in 1999 is beoordeeld door de WHO/JMPR. Het RIVM heeft de stof voor het laatst uitgebreid beoordeeld in 1987.

De belangrijkste items in het toxicologische dossier van chloorpyrifos met het oog op het afleiden van een TCL, zijn twee inhalatiestudies in ratten beide met toediening gedurende 6 uur/dag, 5 dagen week over een periode van 13 weken. In deze studies werden geen duidelijke toxicologische effecten waargenomen. De overall-NOAEL van $287 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ voor cholinesterase-remming die de JMPR uit deze studies afleidde, is daarom mogelijk een weinig betrouwbare indicatie voor de inhalatietoxiciteit van chloorpyrifos (de werkelijke NOAEL kan aanzienlijk hoger liggen). Niettemin uitgaand van deze NOAEL, kan met behulp van een veiligheidsfactor van 100 een voorlopige TCL berekend worden van $3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (afgeronde waarde). Een hogere veiligheidsfactor wordt niet geacht vanwege de uitgebreide orale dataset.²³

De MAC-waarde voor chloorpyrifos bedraagt $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Deze is overgenomen van de Amerikaanse TLV, die berust op gezondheidkundige gegevens.

- **Foxim**

Het insecticide foxim behoort tot de groep van de organische fosfor-esters. Deze groep van bestrijdingsmiddelen remt de werking van het enzym cholinesterase dat een

²³ De uitkomst van de beoordeling van deze orale dataset was een ADI van $10 \text{ } \mu\text{g/kg}$ lichaamsgewicht. Deze ADI omgerekend naar inhalatie voor een volwassene van 70 kg die 20 m^3 per dag inademt komt overeen met een concentratie van $35 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Dit ondersteunt de veiligheid van de afgeleide TCL van $3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

cruciale rol speelt in de prikkeloverdracht in het zenuwstelsel. Voor de stof is een uitgebreid pakket aan toxicologisch onderzoek beschikbaar dat in 1982 en 1984 is beoordeeld door de WHO/JMPR en in 1999 door de WHO/JECFA. Het humaan-toxicologische dossier voor de stof bevat een groot aantal orale studies. Op basis van deze studies heeft de JECFA een ADI vastgesteld van 4 µg/kg lichaamsgewicht. Inhalatiegegevens voor foxim zijn beperkt tot enkele acute studies (LC₅₀-bepalingen). Op basis van dergelijke beperkte gegevens is geen TCL afleidbaar. Voor foxim is geen MAC-waarde beschikbaar.

- **Tetramethrin**

Tetramethrin is een insecticide behorende tot de groep van de synthetische pyrethroiden. Voor de stof is een uitgebreid pakket aan toxicologisch onderzoek beschikbaar dat in 1995 en in 2001 is beoordeeld door het RIVM in opdracht van het College Toelating Bestrijdingsmiddelen. Deze beoordeling leidde tot een voorgestelde ADI van 18 µg/kg lichaamsgewicht RIVM, 1995b, 2001b, 2001c).

De belangrijkste items in het toxicologische dossier van tetramethrin met het oog op het afleiden van een TCL, zijn een tweetal subacute inhalatiestudies. In 28-dagenstudie in de rat werd een tetramethrin-aerosol toegediend gedurende 3 uur/dag op 7 dagen/week. In deze studie waren er bij alle testconcentraties effecten op het witte-bloedbeeld en was de cholinesterase-activiteit geremd in het bloed. De LOAEL bedroeg 26 mg/m³. De enige andere inhalatiestudies van langere duur was een 7-dagenstudie bij zeer jonge muizen (expositie gedurende 6,3 uur/dag van dag 10 tot 17 na de geboorte). De dichtheid van de muscarinerge acetylcholine-receptor was verhoogd bij alle testconcentraties (LOAEL 1,8 mg/m³). Deze gegevens zijn onvoldoende voor het afleiden van een TCL. Voor tetramethrin is geen MAC-waarde beschikbaar.

- **Trichloorfon**

Het insecticide trichloorfon behoort tot de groep van de organische fosfor-esters. Deze groep van bestrijdingsmiddelen remt de werking van het enzym cholinesterase dat een cruciale rol speelt in de prikkeloverdracht in het zenuwstelsel. Voor de stof is een uitgebreid pakket aan toxicologisch onderzoek beschikbaar dat in 1992 en 2000 is beoordeeld door respectievelijk de WHO/IPCS en de WHO/JECFA. Het humaan-toxicologische dossier voor de stof bevat een groot aantal orale studies. Op basis van deze studies heeft de JECFA een ADI vastgesteld van 20 µg/kg lichaamsgewicht. Inhalatiegegevens voor trichloorfon zijn beperkt. De enige bekende inhalatiestudie van langere duur is een subacuut experiment in ratten met toediening gedurende 6 uur per dag, 5 dagen/week over een periode van 3 weken. Cholinesterase-remming in bloed en hersenen was aanwezig bij 35,4 en 103,5 mg/m³ maar niet bij 12,7 mg/m³. Deze gegevens zijn onvoldoende voor het afleiden van een TCL. Voor trichloorfon is geen MAC-waarde beschikbaar.

- **Propoxur**

Het insecticide propoxur behoort tot de groep van de carbamaten. Deze groep van bestrijdingsmiddelen remt de werking van het enzym cholinesterase dat een cruciale rol speelt in de prikkeloverdracht in het zenuwstelsel. Voor de stof is een uitgebreid pakket aan toxicologisch onderzoek beschikbaar dat in 1989 is beoordeeld door de WHO/JMPR. Een recentere beoordeling is die van de US-EPA in het kader van de Amerikaanse toelating als bestrijdingsmiddel (US-EPA, 1997b). Het humaan-

toxicologische dossier voor de stof bevat een groot aantal orale studies. Op basis van deze studies heeft de JMPR een ADI vastgesteld van 20 µg/kg lichaamsgewicht.

Met propoxur is relatief veel inhalatie-onderzoek uitgevoerd. In ratten zijn twee studies uitgevoerd met toediening gedurende respectievelijk 8 en 12 weken (toediening gedurende 6 uur/dag, 5 dagen /week). Het kritische effect was remming van cholinesterase in de hersenen. Dit effect deed zich voor bij $\geq 15,7$ mg/m³ (NOAEL 5,7 mg/m³). Vermeld in de evaluatie door de US-EPA is ook een 2-jaarsexperiment in ratten (toediening 6,3 uur/dag, 5 dagen/week). Het gevoeligste effect was wederom cholinesterase-remming. De LOAEL in deze studie was 10,4 mg/m³ en de NOAEL 2,2 mg/m³. Op basis van deze laatste NOAEL kan met behulp van een veiligheidsfactor van 100 een voorlopige TCL berekend worden van 22 µg/m³. Voor propoxur geldt een MAC-waarde van 500 µg/m³. Deze is overgenomen van de Amerikaanse TLV, die is gebaseerd op gezondheidkundige gegevens.

- **Alkyldimethylbenzylammoniumchloride**

Deze stof maakt deel uit van de brede groep van quaternaire amoniumverbindingen. De humane toxicologie van alkyldimethylbenzylammoniumchloride is in 1991 beoordeeld door het RIVM ten behoeve van de toenmalige Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen. De uitkomst van deze beoordeling was een maximum aanvaardbare concentratie in voedsel van 1 mg/kg voedsel. Er werd geen ADI afgeleid omdat het toxicologische effect van deze sterk irriterende werkende groep verbindingen primair concentratie-bepaald was en niet dosis-bepaald. Inhalatiegegevens waren beperkt tot bepaling van de acute LC₅₀. Voor deze stof kan bijgevolg geen TCL worden afgeleid.

Vluchtigheid onbekend, naar verwachting (op grond van structuur) laag

- **Didecyldimethylammoniumchloride**

De humane toxicologie van deze stof werd in de periode 1985-1994 diverse malen beoordeeld door het RIVM ten behoeve van de toenmalige Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen. De uitkomst van deze beoordeling was een maximum aanvaardbare concentratie in voedsel van 0,8 mg/kg voedsel. Er werd geen ADI afgeleid omdat het toxicologische effect van deze sterk irriterende werkende verbinding primair concentratie-bepaald was en niet dosis-bepaald. Inhalatiegegevens waren beperkt tot bepaling van de acute LC₅₀. Voor deze stof kan bijgevolg geen TCL worden afgeleid.

Referenties bijlage A

- DECOS (2003) Formaldehyde - Health-based recommended occupational exposure limit. Gezondheidsraad. <http://www.gr.nl/adviezen.php?ID=622>
- RIVM (1987) Chlorpyrifos - Korte samenvatting van humaantoxicologische gegevens. Auteurs: J. van Koten-Vermeulen en E. Heijna-Merkus.
- RIVM (1995b) Toxicologische samenvatting – Tetramethrin. Toxicology Advisory Group 30-05-1995.
- RIVM (1996a) Voorlopige MTR-waarde voor n-hexaan. Interne notitie van P. Janssen en J. van Engelen aan F. Swartjes d.d. 26 oktober 1996.
- RIVM (1996b) Afleiding van voorlopige MTR voor cyclohexaan. Interne notitie van J. van Engelen & P. Janssen aan J. Kliest d.d. 1 oktober 1996.
- RIVM (1998) Janssen P.J.C.M., Apeldoorn M.E. van, Engelen J.G.M. van, Schielen P.C.J.I., Wouters, M.F.A. Maximum Permissible Risk levels for human intake of soil contaminants: Fourth series of compounds. RIVM rapport nr. 711701004, 1998, RIVM, Bilthoven.
- RIVM (2001a) Baars A.J., Theelen R.M.C., Janssen P.J.C.M, Hesse J.M., Apeldoorn M.E. van, Meijerink M.C.M., Verdam L., Zeilmaker M.J. Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. RIVM rapport nr. 711701025, 2001, RIVM, Bilthoven.
- RIVM (2001b) Tetramethrin - Toxicologie Addendum Adviesrapport no. 08433A00, d.d. 13-7-2001.
- RIVM (2001c) Tetramethrin – Risicoschatting voor de particuliere en beroepsmatige toepasser. Adviesrapport no. 08433B01, d.d. 31-7-2001.
- US-EPA (1997a). Cumene - Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure (RfC) d.d. 08/01/1997.
- US-EPA (1997b). Reregistration eligibility decision (RED) – Propoxur. US EPA Office of Pesticide Registration.
- WHO (2000). WHO Air Quality Guidelines for Europe 2nd edition, Regional Office for Europe.
- WHO (2002) Concise International Chemical Assessment Document 40 – Formaldehyde. WHO/IPCS.
- WHO/IPCS (1992) Environmental Health Criteria no.132 – Trichlorfon.
- WHO/JECFA (1999) Toxicological evaluation of certain veterinary drug residues in food. WHO Food Additives Series no. 43. Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.
- WHO/JECFA (2000) Toxicological evaluation of certain veterinary drug residues in food. WHO Food Additives Series no. 45. Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.
- WHO/JMPR (1999) Pesticide residues in food – 1999. Toxicological Evaluations. Joint meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group.

BIJLAGE B: Bestrijdingsmiddelen: werkzame stoffen in diverse producten

Tabel C1 Werkzame stoffen in 207 desinfecterende middelen voor privé gebruik en openbare gezondheidszorg, alsmede andere biociden, toegelaten door CTB

Werkzame stof	Aantal producten
Alkyldimethylbenzylammoniumchloride	18
Calciumhypochloriet	10 ²⁴
Cyanuurzuur	2
Didecyldimethylammoniumchloride	148
Ethanol	3
Ethyleenoxide	4
Formaldehyde	16 ²⁵
Glutaaraldehyde	16
Isopropanol	1
Kaliumhydroxide	3
Kresol	1
Natriumdichloorisocyanuraat	20 ²⁶
Natriumhydroxide	1
Natriumhypochloriet	5
natrium-p-tolueensulfonchloramide	1
Perazijnzuur	8
Poly[oxyethyleen(dimethyliminio)ethyleen	1
Trichloorisocyanuurzuur	4
Waterstofperoxide	9

Tabel C2 Werkzame stoffen in 108 insecticiden, acariciden en producten voor andere geleedpotigen, toegelaten door CTB

Werkzame stof	Aantal producten
Alfa-cypermethrin	1
Aluminium-fosfide	1
Azamethifos	6
Benzylbenzoaat	4
Beta-cyfluthrin	1
Bifenthrin	1
Chloorpyrifos	14
Cyfluthrin	5
Cyromazin	1
Deltamethrin	4
D-fenothrin	1
Dichloorvos	5
Diflubenzuron	4

²⁴ Toepassing met name in zwembadwater, daarom niet meegenomen

²⁵ Aan de orde in paragraaf 2.2.2.

²⁶ Toepassing in gezondheidszorg en horeca, daarom niet meegenomen

Fenitrothion	1
Fenoxycarb	5
Fipronil	2
Foxim	10
Hydramethylnon	1
Imidacloprid	1
Magnesiumfosfide	2
Methomyl	2
Methopreen	1
Methylbromide	1
Permethrin	10
Piperonylbutoxide	17
Propoxur	6
Pyrethrinen	14
Pyriproxyfen	1
Tetramethrin	1
Trichloorfon	10

Tabel C3. Werkzame stoffen in 77 conserveringsmiddelen voor metselwerk, toegelaten door CTB

Werkzame stof	Aantal producten
Alkyldimethylbenzylammoniumchloride	6
Bariummetaboraat	2
Boorzuur	4
Carbendazim	5
Didecyldimethylammoniumchloride	52
Dinatrium octaboraat	1
Natriumhypochloriet	2
Perazijnzuur	2
Thiram	7
Waterstofperoxide	2
Ziram	5

BIJLAGE C: Gezondheidseffecten geluid

Guideline values for community noise in specific environments (Bron: WHO, 2000).

	Critical health effect(s)	LAeq [dB(A)]	Time base [hours]	LAmx fast [dB]
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening	55	16	-
	Moderate annoyance, daytime and evening	50	16	-
Dwelling, indoors	Speech intelligibility & moderate annoyance, daytime & evening	35	16	45
Inside bedrooms	Sleep disturbance, night-time	30	8	
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open (outdoor values)	45	8	60
School class rooms & pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	during class	-
Pre-school bedrooms, indoor	Sleep disturbance	30	sleeping-time	45
School, playground outdoor	Annoyance (external source)	55	during play	-
Hospital, ward rooms, indoors	Sleep disturbance, night-time	30	8	40
	Sleep disturbance, daytime and evenings	30	16	-
Hospitals, treatment rooms, indoors	Interference with rest and recovery	(1)		
Industrial, commercial shopping and traffic areas, indoors and outdoors	Hearing impairment	70	24	110
Ceremonies, festivals and entertainment events	Hearing impairment (patrons:<5 times/year)	100	4	110
Public addresses, indoors and outdoors	Hearing impairment	85	1	110
Music and other sounds through headphones/ earphones	Hearing impairment (free-field value)	85(4)	1	110
Impulse sounds from toys, fireworks and firearms	Hearing impairment (adults)	-	-	140(2)
	Hearing impairment (children)	-	-	120(2)
Outdoors in parkland and conservation areas	Disruption of tranquillity	(3)		

(1): As low as possible.

(2): Peak sound pressure (not LAF, max) measured 100 mm from the ear.

(3): Existing quiet outdoor areas should be preserved and the ratio of intruding noise to natural background sound should be kept low.

(4): Under headphones, adapted to free-field values.

BIJLAGE D: Lijst met gehanteerde waarden in andere landen

Het onderwerp binnenmilieu heeft ook aandacht in andere landen. Van oudsher betreffen waarden die bedoeld zijn om de gezondheid van mensen te beschermen, met name de werkomgeving. Ten behoeve van dit project is gezocht naar waarden, speciaal afgeleid voor woningen. Er is onder andere gezocht op internet, maar ook een uitgebreide literatuursearch uitgevoerd. Hieruit bleken waarden speciaal gericht op woningen schaars te zijn. Vaak wordt een waarde voor de arbeidssituatie gebruikt, na toepassing van een aantal factoren om te compenseren voor verschil in duur van blootstelling en de mogelijk grotere gevoeligheid van bewoners ten opzichte van werknemers.

Waarden afgeleid voor woningen

Met name Duitsland en Canada hebben op een systematische manier waarden bij elkaar gezet en/of afgeleid die betrekking hebben op woningen. Daarom zijn in de tabel veel waarden uit deze landen terug te vinden. Zij behoeven enige toelichting.

Health Canada

In Canada is men begin jaren 80 begonnen met het opstellen van de 'Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality'. Het instituut (Health Canada) heeft niet de bevoegdheid om grenswaarden vast te stellen, dus het betreft per definitie advieswaarden. De resultaten zijn uiteindelijk weergegeven in een document uit 1995 van de Minister of Supply and Services Canada. Advieswaarden konden in de ogen van de (verschillende) werkgroepen worden vastgesteld voor aldehyden, CO₂, CO, NO₂, O₃, fijn stof, SO₂, waterdamp en radon. Voor een aantal andere agentia is men tot de conclusie gekomen dat advieswaarden niet konden worden opgesteld door – bijvoorbeeld- gebrek aan gegevens (biologische agentia, ETS, bestanddelen consumentenprodukten) . In dat geval werden wel aanbevelingen gedaan op welke manier blootstelling zoveel mogelijk kan worden voorkomen. Deze agentia, met bijbehorende aanbevelingen, zijn ook opgenomen in de tabel.

Bij het afleiden van de waarden heeft men de volgende benadering gevolgd:

- Voor niet-carcinogene stoffen is als basis de LOAEL (lowest observed adverse effect level) genomen. Hierop worden veiligheidsfactoren losgelaten, die afhankelijk zijn van het feit of de gegevens afkomstig zijn van dierstudies of humane studies, en of de gegevens ook betrekking hebben op (mogelijk) gevoelige bevolkingsgroepen. Uiteindelijk is de veiligheidsfactor voornamelijk gebaseerd op consensus van experts. Health Canada achtte het niet juist uit te gaan van gegevens uit de arbeidssituatie, omdat de preciese wetenschappelijke achtergronden daarvan niet altijd duidelijk zijn (de waarden zijn ook vaak deels gebaseerd op haalbaarheidsaspecten).
- Voor carcinogene stoffen is geëxtrapoleerd van hogere blootstellingen in de arbeidssituatie.

Er zijn 2 soorten waarden opgesteld:

- ALTER (acceptable long term exposure range); deze waarde geeft de concentratie aan waarbij bij levenslange blootstelling geen nadelig effect op de gezondheid zal optreden.

- ASTER (acceptable short term exposure range); geeft de concentratie aan waarbij geen nadelige effecten op de gezondheid optreden bij blootstelling gedurende korte tijd.

De waarden zijn allemaal weergegeven in de tabel met als referentie 'Health Canada'.

Duitsland

In Duitsland is men midden jaren 90 begonnen met het specificeren van advieswaarden voor het binnenmilieu. Dit gebeurde naar aanleiding van het feit dat de overheid een concept voor 'better indoor air quality' publiceerde. Binnenmilieu is hier breed gedefinieerd; woningen vallen onder de reikwijdte van de advieswaarden, maar zijn niet het enige doel. Er is eerst een algemeen schema opgesteld aan de hand waarvan advieswaarden moeten worden opgesteld (Ad-HOC-AG 1996). Werkgroepen gaan volgens dit schema aan de slag wanneer een waarde wordt afgeleid.

De stappen zijn:

1. Effectdrempel vaststellen op basis van bij voorkeur humane studies of anders dierstudies. LOAEL is startpunt.
2. Vertalen dieergegevens naar humaan
3. In beschouwing nemen van gevoelige groepen
4. Rekening houden met blootstellingspatroon
5. Beschouwing van fysiologische verschillen in de populatie
6. Overige aspecten nagaan (vb blootstelling via andere routes)

Er zijn 2 soorten waarden gedefinieerd:

- Guideline Value II (GVII); als deze wordt overschreden moet actie worden ondernomen. Permanent verblijf in een ruimte met deze concentratie leidt waarschijnlijk tot gezondheidseffecten, zeker bij gevoelige personen.
- Guideline Value I (GVI); Bij deze waarde is bij levenslange blootstelling geen effect op de gezondheid te verwachten. Hij wordt bepaald door de GVII door 10 te delen. Indien het een stof betreft die een geurdrempel heeft en deze is lager dan de GVI, dan dient de geurdrempel aangehouden te worden.

De afleidingen zijn gepubliceerd in verschillende wetenschappelijke artikelen. In de tabel zijn alle waarden weergegeven met als referentie 'Duitsland' (met een auteur, als het artikel op naam is gepubliceerd)²⁷.

Overige waarden

Omdat dus weinig directe advieswaarden voor woningen bekend zijn, is geïnventariseerd welke overige waarden er bestaan die mogelijk geschikt zijn om als uitgangspunt te nemen bij het toetsen van de binnenmilieukwaliteit. Deze zijn eveneens opgenomen in de tabel.

Ten eerste zijn er in Nederland voor een aantal stoffen TCL's vastgesteld (toelaatbare concentratie in de lucht). Ze zijn er voornamelijk voor vluchtige stoffen die bij

²⁷ Naast de agentia die in dit project zijn betrokken, zijn in de serie van Duitsland ook documenten verschenen over pentachloorphenol, diisocynaat en tri-2-chloorethylfosfaat (resp. ad hoc AG 1997, Wolff, 2000 en Sagunski, 2002)

bodemsaneringen vrij kunnen komen. Ze zijn afgeleid met als direct doel om de gezondheid te beschermen en ze geven aan bij welke levenslange blootstelling geen effecten te verwachten zijn bij de algemene bevolking. Ze zijn daarom in theorie goed te gebruiken als gezondheidkundige advieswaarde voor het binnenmilieu. Waar mogelijk zijn deze waarden overgenomen (zie vooral hoofdstuk 2). Voor de volledigheid staan ze ook in de tabel in deze bijlage²⁸.

Ten tweede zijn de WHO guidelines voor de buitenlucht ook relatief geschikt; zij zijn op gezondheidkundige overwegingen gebaseerd en bevatten bijvoorbeeld geen haalbaarheidsaspecten zoals nationale grenswaarden.

Ten derde heeft de ATSDR nog Minimal Risk Levels for Hazardous Substances (MRL's) afgeleid. Zij gaan uit van de NOAEL. Waar mogelijk worden humane studies gebruikt, maar vaak zijn waarden afgeleid uit dierexperimenteel onderzoek. Met behulp van veiligheidsfactoren wordt voor het verschil tussen dier en mens gecorrigeerd of een extra marge ingebouwd voor gevoelige groepen. Bij het vaststellen van MRL's worden 3 categorieën van blootstelling gehanteerd:

Acute MRL	1-14 dagen
Intermediate MRL	>14-364 dagen
Chronic MRL	> 364 dagen

Ten slotte hebben Kirkeskov e.a. voor een groot aantal VOC's waarden afgeleid waarbij geen effect op de gezondheid valt te verwachten. Zij deden dit op grond van NOAEL/LOAEL waarden uit de literatuur, in het kader van een studie naar VOC's die vrij kunnen komen uit hout(producten). Per VOC hebben zij een LCI (lowest concentration of interest) vastgesteld. Dat is de concentratie waarbij continue blootstelling (24 h per dag, 70 jaar lang) geen effect heeft op gezondheid of comfort.

Lopende zaken

Tijdens het zoeken naar informatie bleek dat er in verschillende landen en/of werkgroepen wel initiatieven lopen op het gebied van het binnenmilieu. Dit zijn projecten waaruit dus nog geen waarden in de tabel konden worden opgenomen. Voor de volledigheid noemen we ze hier:

- Engeland: COMEAP (Committee on the Medical Effects of Air Pollutants) is bezig om een publicatie op te stellen over 'indoor air quality guidelines'. Er is een concept gereed, maar op het moment van het in druk gaan van het voorliggende rapport was dit niet extern beschikbaar.
- ISPRA: Zij hebben nog geen guidelines voor woningen.
- Eventuele andere initiatieven zijn niet via literatuurbestanden terug te vinden. Dit sluit natuurlijk niet uit dat er activiteiten in diverse landen zijn ontplooid die hier niet genoemd zijn.

²⁸ Indien de TCL binnen dit project is afgeleid, staat de waarde niet in deze tabel.

Tabel D1: Gehanteerde waarden in andere landen en reeds beschikbare Nederlandse waarden

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
Vocht				
	ASTER relatieve vochtigheid (zomer) relatieve vochtigheid (winter)	30-80 % 30-55 %	Health Canada	
	relatieve vochtigheid	30-70 %	EN ISO 7730, 1994	
Biologische agentia				
	Geen grenswaarden mogelijk		Health Canada	Maatregelen nemen om te verzekeren dat: <ul style="list-style-type: none"> - geen extreme vochtigheid of condensatie aanwezig is - oppervlakten worden vrijgehouden van stof en vuil - stilstaande waterbronnen (zoals 'humidifier tanks') schoonhouden en nu en dan desinfecteren - een hoge standaard van persoonlijke hygiëne in acht nemen
ETS				
	Geen vaststelling grenswaarde		Health Canada	Aangeraden dat elke blootstelling aan tabaksrook wordt vermeden, gezien de carcinogene eigenschappen ervan.
Fijn stof				
	PM2,5: ALTER ASTER (1 hr)	$\leq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Health Canada	

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
<i>Fijn stof (vervolg)</i>	Geen vaststelling grenswaarde		GR, 1995	Geen aantoonbare drempelwaarde, maar ook niet op 1 lijn te stellen met carcinogenen. Concentratie-effect relaties moeten als basis voor beleidsbeslissingen dienen. Het is daarbij aan de overheid om te bepalen welke reductie van gezondheid aanvaardbaar is en welk gewicht aan de betrokken effecten wordt toegekend.
	Geen vaststelling grenswaarde		WHO, 2000	Er is geen concentratie vast te stellen waaronder geen effecten optreden, daarom wordt geen guideline gegeven. Er wordt aanbevolen ter aanvulling een guideline voor PM _{2,5} op te stellen (WHO 2003)
Ozon				
	8h	120 µg/ m ³	WHO, 2000	Er wordt een update aanbevolen van de dosis-respons relaties (WHO, 2003)
Vluchtige organische verbindingen				
Totaal (TVOC)		0,2 mg/m ³	GR, 2002	* Het gekozen analytisch venster beperkt de informatie over VOS die uit bouwmaterialen kunnen vrijkomen; de commissie beveelt aan dat er ook aandacht wordt gegeven aan stoffen die buiten het analytisch venster vallen. * De maximale verontreiniging van de binnenlucht, de immissie voor zover die valt binnen een vergelijkbaar analytisch venster wordt geschat op 0,2 tot 3,0 mg/m ³ ; concentratieniveau's voor VOS in verblijfsruimten boven 0,2 mg/m ³ moeten worden vermeden. Dit niveau kan niet worden beschouwd als een gezondheidkundige advieswaarde zoals de GR voor afzonderlijke stoffen afleidt, de onderliggende gegevens zijn daarvoor te variabel en de interpretatie ervan berust op een aantal aannames.

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
Totaal (TVOC)	Ruimte alleen tijdelijk gebruiken Kan permanent gebruikt worden Lange termijn doelstelling	10-25 mg/m ³ 1-3 mg/m ³ 0,2-0,3 mg/m ³	Duitsland; Seifert 1999	
Aromatische verbindingen				
<i>Benzeen</i>		17 µg/ m ³	WHO, 2000	Excess lifetime risk of 1/10 000. In 1998 is in een position paper van de WHO aangegeven dat bij het afleiden van grenswaarden moet worden uitgegaan van concentraties in de range van 0,17 tot 20 µg/ m ³
	TCL	20 µg/ m ³	RIVM, 1999	
	Acute MRL (0,05 ppm)	163 µg/ m ³	ATSDR	
	Int. MRL (0,004 ppm)	14 µg/ m ³	ATSDR	
<i>Tolueen</i>	GVI gem. over 1 à 2 weken GVII gem. over 1 à 2 weken	300 µg/ m ³ 3000 µg/ m ³	Duitsland; Sagunski, 1996	
	1 week gemiddelde 30 min	260 µg/ m ³ 1000 µg/ m ³	WHO, 2000	
	TCL	400 µg/ m ³	RIVM, 2001	
	Acute MRL (1 ppm)	3839 µg/ m ³	ATSDR	
	Chronic MRL (0,08 ppm)	300 µg/ m ³	ATSDR	
<i>xyleen (o,m,p)</i>	TCL	870 µg/ m ³	RIVM, 2001	
	Acute MRL (1 ppm)	4424 µg/ m ³	ATSDR 1995	
	Int. MRL (0,7 ppm)	3097 µg/ m ³	ATSDR 1995	

	Chronic MRL (0,1 ppm)	442 µg/ m ³	ATSDR 1995	
	LCI	100 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op 'irritation' & 'foetotoxic effects'
Trimethylbenzeen	TCL			Onderdeel van somwaarde zie 2.2.1. en bijlage A
Ethylbenzeen	TCL	770 µg/ m ³	RIVM, 2001	
	Int. MRL (1 ppm)	4424 µg/ m ³	ATSDR, 1999	
	LCI	4300 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op 'irritation'
Methylethylbenzeen	-			Onderdeel van somwaarde zie 2.2.1. en bijlage A
n-propylbenzeen	-			Onderdeel van somwaarde zie 2.2.1. en bijlage A
i-propylbenzeen (cumeen)	-			Onderdeel van somwaarde zie 2.2.1. en bijlage A
Isopropylmethylbenzeen	-			
n-butylbenzeen	-			Onderdeel van somwaarde zie 2.2.1. en bijlage A
Styreen	GVI (1 wk gem) GVII (1 wk gem)	30 µg/ m ³ 300 µg/ m ³	Duitsland: Sagunski, 1998	
	1 wk gem 30 min	260 µg/ m ³ 70 µg/ m ³	WHO, 2000	Gebaseerd op LOAEL Gebaseerd op geurdrempel
	TCL	900 µg/ m ³	RIVM, 2001	
	Chronic MRL (0,06 ppm)	256 µg/ m ³	ATSDR	
Alifatische verbindingen				
<i>Alifatische alkanen:</i>				
Hexaan	TCL	200 µg/ m ³	RIVM, 2000	
	Chronic MRL (0,6 ppm)	200 µg/ m ³	ATSDR	
Hogere alkanen				Er zijn TCL's voor C5-C12, en LCI's voor C7-C12
Cyclohexaan	LCI	2300 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op sensorische prikkeling

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
Gechloroerde alifatische verbindingen				
<i>Dichloormethaan</i>	GVI (24 h gem) GVII (24 h gem)	200 µg/ m ³ 2000 µg/ m ³	Duitsland; Witten et al. 1997	
	24 h gem. 1wk gem.	3000 µg/ m ³ 450 µg/ m ³	WHO, 2000	
	TCL	3000 µg/ m ³	RIVM, 2001	
<i>Trichloormethaan (chloroform)</i>	TCL	100 µg/ m ³	RIVM, 1991	
	Acute MRL (0,1 ppm)	497 µg/ m ³	ATSDR, 1997	
	Int. MRL (0,05 ppm)	249 µg/ m ³	ATSDR, 1997	
	Chronic MRL (0,02 ppm)	100 µg/ m ³	ATSDR, 1997	
<i>1,2-dichloorethaan</i>	24 h gem.	700 µg/ m ³	WHO, 2000	
	Chronic MRL (0,6 ppm)	2800 µg/ m ³	ATSDR, 2001	
<i>1,1,1-trichloorethaan</i>	TCL	380 µg/ m ³	RIVM, 1995	
	Acute MRL	11117 µg/ m ³	ATSDR, 1995	
	Intermediate MRL	3891 µg/ m ³	ATSDR, 1995	
	Chronic MRL	geen		
<i>1,2-dichloorpropaan</i>	Acute MRL (0,05 ppm)	300 µg/ m ³	ATSDR 1989	
	Int. MRL (0,007 ppm)	42 µg/ m ³	ATSDR 1989	
	Chronic MRL	geen	ATSDR 1989	
<i>Trichlooreth(yl)een (TRI)</i>	Excess lifetime risk of 1/10 000	230 µg/ m ³	WHO, 2000	
	TCL	200 µg/ m ³	RIVM, 2001	
	Acute MRL (0,1 ppm)	10950 µg/ m ³	ATSDR 1997	
	Int. MRL (2 ppm)	548 µg/ m ³	ATSDR 1997	
	Chronic MRL	geen		
<i>Tetrachlooreth(yl)een (PER)</i>	Jaargem. 30 min	250 µg/ m ³ 8000 µg/ m ³	WHO 2000	

	TCL	250 µg/ m ³	RIVM 2001	
	Acute MRL (0,2 ppm)	1382 µg/ m ³	ATSDR 1997	
	Chronic MRL (0,04 ppm)	275 µg/ m ³	ATSDR 1997	
Formaldehyde, andere aldehyden, polaire verbindingen				
<i>Indien meer dan 1 aldehyd aanwezig</i>	c1/C1 + c2/C2 + c3/C3 should not exceed 1, where C1 (formaldehyde) (0,10 ppm) C2 (acroleine) (0,02 ppm) C3(acetaldehyde) (5 ppm)	120 µg/ m ³ 50 µg/ m ³ 9000 µg/ m ³	Health Canada	
<i>Formaldehyde</i>	Action level (0,10 ppm) Target level (0,05 ppm)	≤ 120 µg/ m ³ ≤ 60 µg/ m ³	Health Canada	
	30 min	100 µg/ m ³	WHO 2000	
	TCL	1,2 µg/ m ³	RIVM 1995	Gebruikte veiligheidsfactor wellicht te hoog. Als alternatief wordt de air quality guideline van de WHO geopperd
	MTR	10 µg/ m ³	VROM	Afgeleid van MTR voor piekwaarden waarbij verhouding van piekconcentraties en jaargemiddelde concentraties, zoals die in de buitenlucht zijn gemeten, is gebruikt.
	Chronic MRL (0,008 ppm)	10 µg/ m ³	ATSDR 1999	
	Intermediate MRL (0,03 ppm)	38 µg/ m ³	ATSDR 1999	
	Acute MRL (0,04 ppm)	50 µg/ m ³	ATSDR 1999	
	LCI	100 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	
<i>Acetaldehyde</i>	LCI	5200 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op sensorische prikkeling
<i>Propanal</i>	LCI	4300 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op sensorische prikkeling
<i>Crotonaldehyde (trans-butenal-2)</i>	-			
<i>Butanal</i>	LCI	2800 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op sensorische prikkeling
<i>Benzaldehyde</i>	LCI	1200 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op sensorische prikkeling

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
<i>2-methylbutanal</i>	-			
<i>Hexanal</i>	LCI	3400 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op sensorische prikkeling
<i>Acrylaldehyde (acroleïne)</i>	30 min.	25 µg/ m ³	VROM, 1999	Vanuit het luchtbeleid gedefinieerde MTR als 30 min gemiddelde
	Acute MRL (0,00005 ppm)	0, 1225 µg/ m ³	ATSDR, 1990	
	Int. MRL (0,000009 ppm)	0,02205 µg/ m ³	ATSDR, 1990	
	Chronic MRL	geen		
<i>Chlooraceetaldehyde</i>	-			
<i>2-furaldehyde (furfural)</i>	LCI	2 µg/ m ³	Kirkeskov et al. 2001	Gebaseerd op irritatie
<i>Succinaldehyde (glutaaraldehyde)</i>	-			
<i>Valeriaanaldehyde</i>	-			
Bestanddelen van verf, schoonmaakmiddelen				
Algemeen (consumentenprodukten)	Geen grenswaarde vast te stellen		Health Canada	Blootstelling beperken door voldoende ventilatie en inacht nemen van andere veiligheidsvoorschriften die gegeven zijn in het produkt label of bijsluiter.
Gechloreerde benzenen	<i>Zie ook alifatische en aromatische verbindingen</i>			
<i>Chloorbenzeen</i>	TCL	500 µg/ m ³	RIVM, 2001	
<i>(1,4) dichloorbenzeen</i>	TCL	670 µg/ m ³	RIVM, 2001	
	Acute MRL (0,8 ppm)	4900 µg/ m ³	ATSDR, 1998	
	Int. MRL (0,2 ppm)	1225 µg/ m ³	ATSDR, 1998	
	Chronic MRL (0,1 ppm)	613 µg/ m ³	ATSDR, 1998	
<i>Trichloorbenzeen</i>	TCL	50 µg/ m ³	RIVM, 2001	

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
Verbrandingsproducten				
CO	GVI (8h) GVII (8h)	1,5 mg/m ³ 15 mg/m ³	Duitsland: Englert, 1997	
	GVI (30 min) GVII (30 min)	6 mg/m ³ 60 mg/m ³		
	ASTER ²⁹ 8h ≤ 11 ppm 1 hr ≤ 25 ppm	≤ 13 mg/m ³ ≤ 27 mg/m ³	Health Canada	Gebaseerd op max 1,5 COHb %
	15 minuten: 30 minuten: 1 uur: 8 uur:	100 mg/m ³ 60 mg/m ³ 30 mg/m ³ 10 mg/m ³	WHO, 2000	Vastgesteld op basis van maximum waarde voor COHb van 2,5 %.
NO ₂	GVII (1 wk) GVII (30 min)	60 µg/m ³ 350 µg/m ³	Duitsland: Englert, 1998	GVI vaststellen heeft geen zin want 6 of 35 µg/m ³ is toch niet handhaafbaar (zal alleen al door gemiddelde buitenlucht concentraties in woningen overschreden worden)
	ALTER (0,05 ppm) ASTER (1 hr) (0,25 ppm)	≤ 100 µg/ m ³ ≤ 480 µg/ m ³	Health Canada	
	1 uur: jaargemiddeld:	200 µg/m ³ 40 µg/m ³	WHO, 2000	Er wordt geen update van NO ₂ guideline nodig geacht (WHO 2003)

²⁹ Aster=acceptable short term exposure range

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
PAK	Geen vaststelling grenswaarde		Health Canada	Blootstelling minimaliseren door - verzekeren dat verbrandingssystemen goed geïnstalleerd en onderhouden worden, en gebruikt onder condities waarbij voldoende wordt geventileerd guidelines volgen voor PM en tabaksrook
<i>Benzo(a)pyreen</i>		1,2 ng/m ³	WHO 2000	Excess lifetime cancer risk 1/10 000
CO ₂	ALTER (≤ 3500 ppm)	≤ 6300 mg/ m ³	Health Canada	
SO ₂	ALTER (≤ 0,019 ppm) ASTER (≤ 0,38 ppm) (5 min gem.)	≤ 50 µg/ m ³ ≤ 1000 µg/ m ³	Health Canada	
	10 min gem. 24 h gem. jaargem.	500 µg/m ³ 125 µg/m ³ 50 µg/m ³	WHO, 2000	
Zware metalen				
<i>Kwik</i>	GVI GVII	0,0035 µg/m ³ 0,35 µg/m ³	Duitsland; B. Link 1999	- Eigenlijk alleen door thermometer breuk → geen korte termijn effecten te verwachten bij concentraties die daardoor binnen optreden. - Dus conc voor levenslange blootstelling afgeleid
	jaargemiddelde	1 µg/m ³	WHO, 2000	

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
<i>Lood</i>	Geen vaststelling grenswaarde		Health Canada	Onzekerheid in het bepalen van de totale blootstelling aan lood via de lucht vanwege indirecte blootstelling aan lood dat is neergeslagen als stof. Daarom geen lood concentratie voor lucht af te leiden. Aanbeveling: vuile oppervlakken regelmatig schoonmaken en hoge standaard van algehele schoonheid in acht nemen.
	Jaargemiddelde	0,5 µg/m ³	WHO, 2000	
Asbest en minerale vezels				
	Geen vaststelling grenswaarde		Health Canada	Voorzorgsmaatregelen nemen om de inhalatie of huidcontact te vermijden met minerale vezels bij renovatie of installatie-handelingen. Materialen die minerale vezels bevatten periodiek onderzoeken op verslechtering. Advies vragen voordat men materialen gaat verwijderen/beschadigen waarin asbest is verwerkt
		1000 vezels/m ³ (~0,0005 vezel/ml)	WHO, 2000	Excess lifetime risk in orde grootte 10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁶
		1 vezel/liter lucht	WHO, 2000	Excess lifetime risk of 1/1 000 000 for refractory ceramic fibres
Radon				
	Action level	800 Bq/m ³	Health Canada	Jaargemiddelde in the normal living area
		200 Bq/m ³	NRPB, 2003	NRPB recommends that radon levels should be reduced in homes where the average is more than 200 becquerels per cubic metre. This recommendation has been endorsed by the Government

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
<i>Radon (vervolg)</i>		100-1000 Bq/ m ³	WHO, 2002	100 wordt gehanteerd door Litouwen, 150 door USA, 200 door Tsjechie, Ierland, Israel, Noorwegen, UK. 250 door Duitsland, Luxemburg 400 door Finland, Polen, Zweden, EU 800 door Canada 1000 door Zwitserland
Geluid				
Bestrijdingsmiddelen				
	Geen vaststelling grenswaarde		Health Canada	Bestrijdingsmiddelen alleen gebruiken wanneer absoluut noodzakelijk 'available data on exposure levels in home indicate that airborne levels of most pesticides are very low if products are used as directed' Geen aanbevelingen De gebruiker wordt verantwoordelijk gehouden voor het verantwoorde gebruik van pesticiden binnenshuis.
Temperatuur	Zomer: 73-79 F Winter: 68-74,5 F	~ 22,7-26 °C ~ 20-23,5 °C	ASHRAE 55	Doel van ASRAE standaard is om combinaties van binnenmilieu- en persoonlijke factoren te definiëren die temperatuur condities creëren die voor minstens 80 % van de 'bewoners' acceptabel zijn
Ventilatie				
Zie H 5				

AGENS	SPECIFICATIE	WAARDE	REFERENTIE	OPMERKING, TOELICHTING
NIS				
EMF (0-300 Hz)	Voor 50 Hz	5 kV/m ⁻¹ , 100 µT	ICNIRP, overgenomen in EU aanbeveling	
	Voor 50 Hz	12 kV/m ⁻¹ , 1600 µT	NRPB, 2003	
RF (300 Hz- 300GHz)	Algemeen: Geen vaststelling grenswaarde		IEGMP, 2000	Gelet op de beperkt aanwezige kennis heeft de Engelse Independent Expert Group on Mobile Phones aanbevolen uit te gaan van een voorzorgprincipe totdat meer solide kennis over eventuele gezondheidseffecten beschikbaar is. In overeenstemming hiermee is zij van mening dat onnodig gebruik van telefoons door kinderen zou moeten worden ontmoedigd
	Frequentie 900 MHz	49,1 V/m	GR 97/2000	
		41,3 V/m	ICNIRP, 1999	
	Frequentie 1800 MHz	80,9 V/m	GR 97/2000	
	58,3 V/m	ICNIRP, 1999		
Gepercipieerde luchtkwaliteit				
Zie H 5				

Referenties

- Ad-Hoc-AG (1996). Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema.
Bundesgesundheitsblatt 39 (heft 11), 422-426.
- Ad-Hoc-AG (1997). Richtwerte für die Innenraumluft: Pentachlorphenol.
Bundesgesundheitsblatt 40 (heft 7), 234-236.
- ATSDR Minimal Risk Levels (diverse jaartallen).
<http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>. 2003.
- Englert N., (1997). Richtwerte für die Innenraumluft: Kohlenmonoxid.
Bundesgesundheitsblatt 40 (heft 11), 425-428.
- Englert N., (1998). Richtwerte für die Innenraumluft: Stickstoffdioxid.
Bundesgesundheitsblatt 41 (heft 1), 9-12.
- Gezondheidsraad (1997). Commissie Radiofrequente straling. Radiofrequente elektromagnetische velden (300 Hz - 300 GHz). Rijswijk: Gezondheidsraad, 1997; publicatie nr. 1997/01.
- Gezondheidsraad (2000a) Commissie ELF elektromagnetische velden. Blootstelling aan elektromagnetische velden (0 Hz - 10 MHz). Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; 2000/6.
- Health Canada. Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality. A report of the federal Advisory Committee on Environmental and Occupational Health. Minister of Supply and Services Canada (1995). ISBN 0-662-17882-3.
- ICNIRP (1998) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998; 74(4):494-522.
- Kirkeskov Jensen L., Larsen A., Molhave L., Hansen MK, Knudsen B. Health Evaluation of Volatile Organic Compound (VOC) Emissions from Wood and Wood-based Materials (2001). Archives of Environmental Health. Vol 56, No5, 419-431
- Link, B., (1999). Richtwerte für die Innenraumluft: Quecksilber.
Bundesgesundheitsblatt 42 (heft 2), 168-173.
- RIVM, (diverse jaartallen) zie referentielijst bijlage A.
- Seifert, B. (1999). Richtwerte für die Innenraumluft: TVOC. Bundesgesundheitsblatt 42 (heft 3), 270-278.
- Sagunski, H. (1996). Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol.
Bundesgesundheitsblatt 39 (heft 11), 416-426.
- Sagunski, H. (1998). Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol.
Bundesgesundheitsblatt 41 (heft 9), 392-398.
- Sagunski, H. (2002). Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl)phosphat.
Bundesgesundheitsblatt 45 (heft 3), 502-512.
- WHO (2000) WHO Air Quality Guidelines for Europe 2nd edition, Regional Office for Europe.
- WHO (2002). Radon and Health. Information Sheet.
www.who.int/entity/ionizing_radiation/env/en/Radon_Info_sheet.pdf
- Witten, J., Sagunski, H., Wildeboer B., (1997). Richtwerte für die Innenraumluft: Dichlormethan. Bundesgesundheitsblatt 40 (heft 8), 278-284.
- Wolff, T., Roskamp E. (2000). Richtwerte für die Innenraumluft: Diisocyanate.
Bundesgesundheitsblatt 43 (heft 3), 300-306.

BIJLAGE E: Lijst van afkortingen

ACQ	Air Quality Guideline
ADI	Acceptable Daily Intake
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (VS)
CTB	College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
DECOS	Dutch Expert Committee on Occupational Standards
GR	Gezondheidsraad
ELF	Extreem Laag Frequent
EM-velden	Elektromagnetische velden
HBAS	High-Boiling Aromatic Solvents
IARC	International Agency for Research on Cancer
ICNIRP	International Commission on Non-ionizing Radiation Protection
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
JMPR	Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues
KVE	Kolonie Vormende Eenheden
LAEq	Equivalent A-weighted Level
Lden ³⁰	'L _{day-evening-night} '
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level.
MAC	Maximaal Aanvaarde Concentratie
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico
MMVF	Man-made Vitreous Fibres
MRL	Minimal Risk Level
NAS	National Academy of Sciences (VS)
NIS	Niet Ioniserende Straling
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
RIVM	RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RCF	Refractory Ceramic Fibres
RfC	Reference Concentration
SPN	Stralings Prestatie Norm
TDI	Toelaatbare Dagelijkse Inname
TCL	Toelaatbare Concentratie in Lucht
TLV	Threshold Limit Value
VOC	Vluchtige Organische Componenten
VROM	Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
WHO	World Health Organization

³⁰ Een equivalente geluidsmaat (zie L_{Aeq}), waarbij, gelijk aan de L_{etmaal}, het geluid in de avond en nacht zwaarder telt dan het geluid overdag.