

RIVM rapport 609021043/2007

**Gezondheidskundige advieswaarden  
binnenmilieu, een update**

A. Dusseldorp, M. van Bruggen

Contact:

A. Dusseldorp

Centrum Inspectieonderzoek, Milieucalamiteiten en Drinkwater

E-mail: [annelike.dusseldorp@rivm.nl](mailto:annelike.dusseldorp@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de VROM-Inspectie, ten laste van het project V/609021/07/BM.

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

## Rapport in het kort

### Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu, een update

Chemische stoffen, biologische agentia en fysische factoren zoals geluid en straling kunnen de gezondheid schade toebrengen. Gezondheidkundige advieswaarden voor het binnenmilieu geven aan in hoeverre de bewoners deze agentia binnenshuis kunnen verdragen. Zij worden vooral gebruikt om de kwaliteit van het binnenmilieu te beoordelen.

Voor u ligt een nieuwe lijst met met deze gezondheidkundige advieswaarden, een vervolg op de eerste versie, die van 2004 dateert. Een recente publicatie van de WHO vormde de aanleiding tot het het aanpassen van de advieswaardes voor ozon, zwaveldioxide en fijn stof. Tevens is de advieswaarde voor naftaleen toegevoegd.

Daarnaast bevat dit rapport een overzicht van de resultaten van het Nederlandse binnenmilieuonderzoek sinds 1995. De hoop dat daarmee nu eindelijk ook achtergrondwaarden voor Nederlandse woningen konden worden vastgesteld, bleek helaas ongegrond.

De advieswaarden kunnen niet alleen voor woningen worden gebruikt maar ook voor kantoren of scholen, plaatsen waar mensen langere tijd binnen verblijven. Zij hebben geen wettelijke status, maar kunnen wel helpen de kwaliteit van het binnenmilieu te verbeteren.

Trefwoorden: gezondheid, woningen, binnenmilieu, advieswaarden

## **Abstract**

### **Health-based guideline values for indoor environments – an update**

Exposure to chemicals, biological agents and physical factors, such as noise and radiation, can be harmful to human health. Health-based guidelines for indoor environments establish the tolerance levels of residential dwellers to these environmental stressors. The primary aim of the guidelines is to enable meaningful assessment of the indoor environment.

The new list of health-based guidelines for agents in indoor environments is an update of the 2004 guidelines. The guidelines for ozone, sulphur dioxide and fine particles have been adapted in accordance with a recent World Health Organisation (WHO) publication. Naphthalene was added to the list at the same time.

This report also gives an overview of the results from a Dutch study on indoor air quality that began in 1995. There was, however, insufficient data to establish background levels for Dutch residences.

The guidelines are intended for residential dwellings but could also be applied to public indoor environments, such as schools and offices. Although the guidelines are not laid down by law, they provide the basis for future indoor environment policy.

Key words: health, dwellings, indoor environment, government guidelines.

## **Voorwoord**

### **Kader**

Dit rapport is opgesteld in opdracht van de VROM-Inspectie, en is een update van het rapport 'Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu' (Dusseldorp et al., 2004). Beide rapporten sluiten aan bij de actiepunten die zijn gedefinieerd in het Actieprogramma Gezondheid en Milieu, met betrekking tot het thema 'gezondheid in gebouwen'.

### **Geraadpleegde deskundigen:**

Naftaleen: ing. P.J.C.M Janssen (RIVM-SIR)

Biologische agentia: ir. H.E. Schram (RIVM-MGO)

Geluid: dr. I. van Kamp, E.E.M.M. van Kempen (RIVM-MGO)

Radon: dr. G.Kelfkens (RIVM-LSO)

### **Begeleidingscommissie**

Dit project is begeleid door een commissie bestaande uit:

Dr. C.J.M. van den Bogaard, VROM-inspectie, Den Haag

Drs. F. Duijm, GGD Groningen, Groningen

Drs. M.M.W. Wilders, SZW, Arbo, Den Haag.

Dhr. F. Nieuwboer, Vereniging Eigen Huis, Amersfoort

Ir. P.J van Luijk, VROM, DGWWI, dir. Beleidsontwikkeling, Den Haag

Ir. R. Slob, GGD Rotterdam-Rijnmond, Rotterdam

Dr. Ir. J.G.M. van Engelen, RIVM-SIR, Bilthoven

### **Doel van de advieswaarden**

Advieswaarden op zich kunnen geen beter binnenklimaat bewerkstelligen. Er moet bekeken moet 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.

### **Engelse versie**

Het oorspronkelijke rapport uit 2004 is ook in het engels vertaald (RIVM-rapport 609021044). De waarden die in deze uitgave (2007) zijn veranderd, zijn daarin ook aangepast.

## Inhoud

<i>Afkortingen</i>	<b>6</b>
<i>Samenvatting</i>	<b>7</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>11</b>
<b>2. Update lijst met agentia</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Uitbreiding met andere agentia?</b>	<b>13</b>
2.1.1 Performance Criteria of Buildings for health and environment	13
2.1.2 Critical appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU	13
<b>2.2 Update ozon, fijn stof, SO<sub>2</sub>.</b>	<b>14</b>
2.2.1 Ozon	14
2.2.2 Fijn stof	14
2.2.3 SO <sub>2</sub>	15
<b>2.3 Update geluid</b>	<b>15</b>
<b>3. Meetgegevens in Nederland</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Onderzoek in 1240 Nederlandse woningen</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Literatuuronderzoek.</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Chemische agentia</b>	<b>21</b>
3.3.1 Asbest	21
3.3.2 Benzeen	22
3.3.3 Fijn stof	22
3.3.4 Formaldehyde	22
3.3.5 Kooldioxide (CO <sub>2</sub> )	23
3.3.6 Koolmonoxide (CO)	23
3.3.7 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)	24
3.3.8 Stikstofdioxide (NO <sub>2</sub> )	24
<b>3.4 Fysische agentia</b>	<b>24</b>
3.4.1 Radon	24
<b>3.5. Biologische agentia</b>	<b>25</b>
<b>4. Ventilatie, vocht en temperatuur</b>	<b>27</b>
4.1. Ventilatie	27
4.2. Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid	27
<i>Literatuur</i>	<b>29</b>
<b>BIJLAGE A: Beschrijving document ISIAQ</b>	<b>35</b>
<b>BIJLAGE B: Beschrijving EU-INDEX Project</b>	<b>37</b>
<b>BIJLAGE C: Onderbouwing gezondheidkundige advieswaarde naftaleen.</b>	<b>39</b>
<b>BIJLAGE D: Definitie achtergrondwaarden</b>	<b>43</b>
<b>BIJLAGE E: Meetwaarden in Nederland vanaf 1995, in de wetenschappelijke literatuur</b>	<b>45</b>
<b>BIJLAGE F: Meetmethoden biologische agentia</b>	<b>51</b>

## Afkortingen

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AQG	Air Quality Guideline
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CEN	Comité Européen de Normalisation
EPS	Extracellular Polysaccharides
ETS	Environmental Tobacco Smoke
GAW	Gezondheidkundige Advieswaarden
ISIAQ	International Society of Indoor Air Quality and Climate
ISO	International Organization for Standardization
KWR	Kwalitatieve Woningregistratie
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico
TCL	Toelaatbare Concentratie in Lucht
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
VWS	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

## Samenvatting

In 2004 zijn gezondheidkundige advieswaarden voor woningen afgeleid voor een groot aantal chemische en fysische agentia. Bij waarden lager dan deze gezondheidkundige advieswaarden bestaat er geen – of een toelaatbaar - risico op schade aan de gezondheid van de bewoners. Bij hogere waarden zijn gezondheidkundige risico's niet uit te sluiten. Dit rapport is een update van het rapport uit 2004 en bevat:

- een beschrijving van recente Europese projecten gericht op advieswaarden in het binnenmilieu;
- de lijst gezondheidkundige advieswaarden (GAW), opgesteld in 2004, uitgebreid met een advieswaarde voor naftaleen. Tot deze uitbreiding is besloten op basis van deze Europese projecten;
- een update van de advieswaarden van ozon, fijn stof en zwaveldioxide naar aanleiding van herziening van de 'air quality guidelines' (AQG) van de WHO en een update van de advieswaarde van geluid op basis van de meest recente inzichten;
- Nederlandse meetwaarden in woningen, gepubliceerd in de wetenschappelijke literatuur vanaf 1995.

### *Europese projecten*

Na publicatie van de gezondheidkundige advieswaarden in 2004, zijn twee grote Europese projecten afgerond waarin het binnenmilieu centraal stond. De VROM-Inspectie heeft het RIVM gevraagd om na te gaan of op grond van deze documenten de gezondheidkundige advieswaarden dienen te worden aangepast en/of de lijst moest worden uitgebreid. Een aanpassing van bestaande waarden was op grond van deze Europese projecten niet nodig, wel is naftaleen toegevoegd aan de lijst gezondheidkundige advieswaarden.

### *Meetwaarden/achtergrondwaarden in Nederlandse woningen*

Voor een aantal agentia is een gezondheidkundige advieswaarde óf niet af te leiden op basis van toxicologische gegevens, óf niet haalbaar/praktisch voor Nederlandse woningen. De VROM-Inspectie heeft gevraagd om na te gaan of voor deze agentia (en de agentia waarvoor wél een advieswaarde is afgeleid) een achtergrondwaarde is vast te stellen in Nederlandse woningen. De criteria hiervoor zijn opgesteld in samenspraak met de begeleidingscommissie. De beschikbare meetwaarden voor Nederlandse woningen (sinds 1995) worden in dit rapport beschreven. Uiteindelijk bleken deze meetwaarden niet te voldoen aan de criteria om achtergrondwaarden vast te stellen.

### *Toepasbaarheid advieswaarden*

In principe zijn de waarden gericht op woningen, maar ze zijn ook toepasbaar op andere locaties waar mensen langdurig verblijven (zoals kantoren<sup>1</sup> en scholen). De waarden in dit rapport hebben geen wettelijke status, maar kunnen dienen als uitgangspunt voor beleid ten aanzien van het binnenmilieu.

---

<sup>1</sup> De Gezondheidsraad heeft ook een groot aantal advieswaarden voor arbeidssituaties afgeleid.

Tabel 1: Gezondheidkundige advieswaarden samengevat.

Agens	GAW	Eenheid	Blootstellings-duur <sup>2</sup>	Zie
<b>Chemische agentia</b>				
1,1,1,- Trichloorethaan	380	µg/m <sup>3</sup>		2004 <sup>3</sup>
1,2-Dichloorethaan	48	µg/m <sup>3</sup>		2004
1,2-Dichloorpropaan	12	µg/m <sup>3</sup>		2004
1,4-Dichloorbenzeen	670	µg/m <sup>3</sup>		2004
Alkanen <sup>4</sup> : Som van pentaan, heptaan, octaan	18400	µg/m <sup>3</sup>		2004
Alkanen; Hogere alkanen (nonaan en hoger)	1000	µg/m <sup>3</sup>		2004
Alkylbenzenen <sup>5</sup> : Som van Isopropylbenzeen, Trimethylbenzeen, Methylethylbenzeen, n-Propylbenzeen, n-butylbenzeen	870	µg/m <sup>3</sup>		2004
Alkyldimethylbenzyl-ammoniumchloride	-			2004
Asbest	100.000	Ve/m <sup>3</sup>		2004
Benzeen	20	µg/m <sup>3</sup>		2004
Chloorbenzeen	500	µg/m <sup>3</sup>		2004
Chloorpyrifos	3	µg/m <sup>3</sup>		2004
Cyclohexaan	3000	µg/m <sup>3</sup>		2004
Dichloormethaan	3000	µg/m <sup>3</sup>		2004
Didecylmethyl- ammoniumchloride	-			2004
Ethylbenzeen	770	µg/m <sup>3</sup>		2004
Fijn stof (PM <sub>10</sub> )	50 20	µg/m <sup>3</sup> µg/m <sup>3</sup>	24 uur jaargemiddelde	2.2.2.
PM <sub>2,5</sub>	25 10	µg/m <sup>3</sup> µg/m <sup>3</sup>	24 uur jaargemiddelde	2.2.2.
Formaldehyde	1,2	µg/m <sup>3</sup>		2004 & 3.3
Foxim	-			2004
HABS <sup>6</sup>	800	µg/m <sup>3</sup>		2004
Hexaan	200	µg/m <sup>3</sup>		2004
Kooldioxide (CO <sub>2</sub> )	-			2004
Koolmonoxide (CO)	100 60 30 10	mg/m <sup>3</sup> mg/m <sup>3</sup> mg/m <sup>3</sup> mg/m <sup>3</sup>	15 minuten 30 minuten 1 uur 8 uur	2004 & 3.3
Kwikdamp	50	ng/m <sup>3</sup>	jaargemiddelde	2004
Lood	500	ng/m <sup>3</sup>	jaargemiddelde	2004
Minerale vezels	100.000	Ve/m <sup>3</sup>	jaargemiddelde	2004
Ozon	100	µg/m <sup>3</sup>	8 uur	2.2.1.
Naftaleen	25	µg/m <sup>3</sup>		Bijlage C
PAK	1,2	ng B(a)P/m <sup>3</sup>		2004
Propoxur	22	µg/m <sup>3</sup>		2004
Stikstofdioxide (NO <sub>2</sub> )	200	µg/m <sup>3</sup>	1 uur	2004

<sup>2</sup> Indien anders dan waarde voor levenslange blootstelling<sup>3</sup> Gezondheidkundige advieswaarden, Dusseldorp et al. (2004)<sup>4</sup> Zie verder hexaan, cyclohexaan<sup>5</sup> Zie verder toluen, xyleen, ethylbenzeen, HABS<sup>6</sup> HBAS: High-Boiling Aromatic Solvents. Dit is een groep van aardolie afgeleide oplosmiddelen waarin hoge concentraties alkylbenzenen voorkomen (vooral methylethylbenzenen en trimethylbenzenen).



Agens	GAW	Eenheid	Blootstellings- duur <sup>2</sup>	Zie
	40	µg/m <sup>3</sup>	jaargemiddelde	
Styreen	900	µg/m <sup>3</sup>		2004
Tetrachlooretheen (per)	250	µg/m <sup>3</sup>		2004
Tetramethrin	-			2004
Tolueen	400	µg/m <sup>3</sup>		2004
Trichloorbenzeen	50	µg/m <sup>3</sup>		2004
Trichlooretheen (tri)	200	µg/m <sup>3</sup>		2004
Trichloorfon	-			2004
Trichloormethaan (chloroform)	100	µg/m <sup>3</sup>		2004
Xyleen	870	µg/m <sup>3</sup>		2004
Zwavel dioxide (SO <sub>2</sub> )	500 20	µg/m <sup>3</sup> µg/m <sup>3</sup>	10 minuten 24 uur	2.2.3
<b>Fysische agentia/ventilatie</b>				
Geluid	42 35	dB (A) dB (A)	Dagbelasting Nachtbelasting	2.3
NIS (Niet Ioniserende Straling)	-			2004
Radon	-			3.4
Temperatuur	-			4.2
Ventilatie	-			4.1
Ventilatievoud	-			2004
Vocht	-			4.2
<b>Biologische agentia</b>				
Schimmels	-			2004
Schimmelcomponenten				2004
β(1→3)-glucanen	-			2004
Allergenen	-			2004
Mycotoxinen	-			2004
Microbiële VOC's	-			2004
Bacteriën	-			2004
Bacteriële componenten				2004
Endotoxinen	-			2004
Peptidoglycanen	-			2004
Huisstofmijtallergenen	-			2004
Huisdier- en kakkerlakallergenen	-			2004



## 1. Inleiding

### *Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu.*

In het rapport 'Gezondheidkundige advieswaarden' (GAW) (Dusseldorp et al., 2004) heeft het RIVM op verzoek van VROM de nodige kennis bijeengebracht en een voorstel gedaan voor advieswaarden voor het binnenmilieu. Deze advieswaarden zijn gebaseerd op het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR). Dit is de concentratie van een stof die bij levenslange blootstelling niet tot schadelijke effecten leidt. Bij stoffen zonder drempelwaarde, is het MTR de concentratie die overeen komt met 1 geval (van kanker) per 1.000.000 blootgestelden per jaar of 1 op 10.000 gedurende een heel leven (100 jaar).

Destijds heeft het RIVM geconcludeerd dat voor een aantal agentia (onder andere biologische agentia, radon en vocht) geen waarde kon worden gegeven die voldeed aan deze definitie. Ofwel er is geen betrouwbare uitspraak te doen over de waarde waarbij geen (toelaatbaar) risico op de gezondheid te verwachten is, ofwel de achtergrondwaarden in Nederland zijn dusdanig hoog dat niet aan het MTR kon worden voldaan.

Op verzoek van VROM is een vervolg aan het rapport uit 2004 gegeven. De vragen hierbij luiden:

1. Is er op grond van recente publicaties van de International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) en de EU aanleiding om de eerder geformuleerde advieswaarden aan te passen of advieswaarden toe te voegen?
2. Welke recente meetwaarden zijn beschikbaar in Nederlandse woningen?
3. Kunnen er (op basis van meetgegevens) 'achtergrondwaarden' in Nederlandse woningen worden vastgesteld?

Deze achtergrondwaarden zouden kunnen dienen als referentiekader, bijvoorbeeld voor agentia waarvoor geen gezondheidkundige advieswaarden kunnen worden afgeleid of voor agentia waarbij het MTR binnenshuis onhaalbaar of niet praktisch is.

### *Blootstellingsduur*

De *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.

### *Toepassingsgebied advieswaarden*

Door de uitgangspunten te hanteren van 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.

*Beperkingen, voortvloeiend uit de afbakening*

Onderstaande beperkingen werden ook in 2004 benoemd naar aanleiding van de afbakening van het project en zijn nog steeds van toepassing:

- 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.

*Achtergrondwaarden*

Wat onder 'achtergrondwaarde' zou moeten worden verstaan is gedurende het project vastgesteld in overleg met de begeleidingscommissie. Een 'achtergrondwaarde' is de concentratie van een agens waar 50 % van de woningen onder zitten. Het gaat daarbij om relatief onbelaste woningen (landelijk gebied en geen belangrijke bronnen voor het agens binnenshuis). Helaas bleken uiteindelijk de beoogde data niet geschikt voor het vaststellen van achtergrondwaarden. De discussie over de achtergrondwaarden en het feit dat er geen achtergrondwaarden zijn vastgesteld worden in dit rapport verder toegelicht.

*Dit rapport*

Hoewel, zoals hierboven vermeld, de achtergrondwaarden niet konden worden vastgesteld, is besloten de overige informatie (informatie over Europese projecten en resultaten van het literatuuronderzoek naar meetgegevens uit Nederlandse woningen) te bundelen in dit rapport. De lijst gezondheidkundige advieswaarden is in dit rapport ook opgenomen, voor de onderbouwing van de advieswaarden verwijzen we grotendeels naar het rapport uit 2004. Voor geluid en naftaleen wordt de onderbouwing in het huidige rapport gegeven. Ook wordt aandacht besteed aan een aantal herzieningen van WHO-waarden.

## 2. Update lijst met agentia

### 2.1 *Uitbreiding met andere agentia?*

Sinds het uitbrengen van de gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu (GAW) in 2004, is een aantal publicaties verschenen over binnenmilieu. Er is nagegaan of deze publicaties aanleiding gaven de lijst van agentia uit te breiden. In deze paragraaf worden de publicaties beschreven en aangegeven of er agentia aan de 'oude' lijst worden toegevoegd.

#### 2.1.1 **Performance Criteria of Buildings for health and environment**

De International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) heeft in 2004 het document 'Performance Criteria of Buildings for health and environment' gepubliceerd. Het document beschrijft vooral een aantal technische maatregelen aan woningen, waarbij onder andere normen van ISO, CEN en ASHRAE worden aangehaald. De 'target values' die in dit document worden genoemd, zijn beschikbare waarden van diverse organisaties (zie Bijlage A). Ze vormen een waarde die in het binnenmilieu gehaald zouden moeten worden, met de later beschreven technische maatregelen.

Deze 'target values' zijn voor ozon, CO en NO<sub>2</sub> en benzeen afkomstig van de WHO, en komen overeen met de waarden die al zijn opgenomen in de GAW 2004. Eveneens komt met de gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu overeen dat voor een aantal agentia geen 'target value' kan worden gegeven (ETS, biologische agentia, EM-velden). Voor fijn stof geeft ISIAQ de waarden van de US-EPA die in 1996 een target value heeft vastgesteld en verwijst naar de WHO. De WHO heeft recent waarden voor fijn stof vastgesteld, die wij overnemen (zie paragraaf 2.2.2).

Voor radon zou volgens ISIAQ het ALARA principe moeten gelden. Voor VOC's worden gegevens van Seifert (1990) aangehaald voor verzamelcategorieën, maar daarvan wordt aangegeven dat dit alleen een indicatie is voor de orde grootte van de concentraties.

#### *Implicaties voor de lijst van agentia*

Deze publicatie leidt niet tot aanpassing van (de lijst van) de gezondheidkundige advieswaarden uit 2004.

#### 2.1.2 **Critical appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU**

Het EU project 'INDEX' liep van 2002 tot en met 2004 en had tot doel het identificeren van prioriteiten op het gebied van binnenmilieu.

In het project is in een aantal stappen nagegaan voor welke chemische agentia in het binnenmilieu advieswaarden moeten/kunnen worden afgeleid, en maatregelen zouden moeten worden genomen. De eerste selectie was een lijst met 40 stoffen; die 1) een bron binnenshuis hebben en 2) waarvan bekend is dat blootstelling kan leiden tot schade aan de gezondheid.

Het selectieproces is in BIJLAGE B weergegeven. Uiteindelijk bleven veertien stoffen over waarvoor een uitgebreide risicobeoordeling is gedaan. Voor een aantal van de veertien stoffen ontbraken gegevens om maatregelen te adviseren (ammonia, limoneen, pineen), of was het verschil tussen blootstelling en concentratie waarbij effecten worden verwacht zo groot dat geen maatregelen nodig werden geacht (aceetaldehyde, toluen, xylenen). Vijf stoffen vragen volgens INDEX om maatregelen. Deze bevinden zich ook alle op de lijst GAW 2004, met uitzondering van naftaleen.

Naast een uitgebreide beschrijving per stof geeft het INDEX-project een aantal algemene aanbevelingen:

- De juiste ventilatievoorzieningen gebruiken; standaarden goed gedefinieerd door professionele organisaties;
- In publieke ruimten een niet- rookbeleid voeren en roken in woningen afraden;
- Bouwvoorschriften ontwikkelen die het aanbouwen van garages reduceren, en zorgen dat lucht uit garages niet terechtkomt in werk/leefruimten.

#### *Implicaties voor de lijst van agentia*

Hoewel naftaleen waarschijnlijk vooral een probleem is in landen rond de Middellandse Zee (waar nog veel gebruik wordt gemaakt van onder andere mottenballen met naftaleen), is in overleg met de opdrachtgever toch besloten de lijst van GAW 2004 uit te breiden met naftaleen. De onderbouwing van de advieswaarde voor naftaleen is opgenomen als BIJLAGE C. Voor formaldehyde en benzeen werd in het INDEX project als 'guideline' ALARA voorgesteld.

## **2.2 Update ozon, fijn stof, SO<sub>2</sub>**

De gezondheidkundige advieswaarden 2004 voor de (verbrandings)gassen en de 'klassieke luchtverontreinigingscomponenten' zijn gebaseerd op de WHO Air Quality Guidelines (AQG). In 2006 is daarvan een update verschenen, waarin ozon, fijn stof, SO<sub>2</sub> en NO<sub>2</sub> zijn geëvalueerd. Deze laatste is ongewijzigd gebleven. Voor de andere stoffen wordt hieronder beschreven welke nieuwe advieswaarde de WHO heeft afgeleid (WHO, 2006).

### **2.2.1 Ozon**

De AQG die de WHO in 2000 adviseerde, bedroeg 120 µg/m<sup>3</sup>. Sindsdien is een aantal nieuwe tijdserie-analyses beschikbaar gekomen die een verband vinden tussen dagelijkse sterfte en de ozonconcentratie onder deze waarde. Samen met het feit dat er een groot verschil bestaat tussen individuen in hun reactie op ozon, heeft dit de WHO doen besluiten de AQG te verlagen naar 100 µg/m<sup>3</sup> (8-uursgemiddelde). De bewijzen voor chronische effecten door langdurige blootstelling aan ozon worden door de WHO niet voldoende geacht om een AQG vast te stellen voor het jaargemiddelde.

### **2.2.2 Fijn stof**

Voor fijn stof is geen drempelwaarde bekend waaronder geen gezondheidseffecten optreden. Daarom stelde de WHO eerder geen AQG vast. Om dezelfde reden hebben we in 2004 geen gezondheidkundige advieswaarde opgenomen. De WHO kiest er in zijn update voor om wel een AQG af te leiden, om landen te ondersteunen in het proces van vaststellen van normen en nemen van maatregelen om de concentratie fijn

stof te verlagen. De WHO adviseert daarbij de AQG voor langdurige blootstelling te laten prevaleren boven de waarde voor kortdurende blootstelling.

Voor langdurige blootstelling is uitgegaan van studies naar de effecten van PM<sub>2,5</sub>. Een jaargemiddelde concentratie van 10 µg/m<sup>3</sup> wordt beschouwd als de concentratie die onder de waarde ligt waarboven de meeste schadelijke effecten optreden en die bovendien haalbaar is in steden van ontwikkelde landen. Voor langdurige effecten van PM<sub>10</sub> (fijn stof) acht de WHO het kwantitatieve bewijs onvoldoende voor het afleiden van een AQG. De waarde voor PM<sub>10</sub> (20 µg/m<sup>3</sup>) is daarom gebaseerd op de AQG van PM<sub>2,5</sub>, met behulp van de verhouding van de concentratie van beide fracties. De waarden voor kortdurende blootstelling (24 uur) zijn afgeleid van de relatie tussen de verdelingen van de 24-uurs en jaargemiddelde concentraties en bedragen 25 µg/m<sup>3</sup> voor PM<sub>2,5</sub> en 50 µg/m<sup>3</sup> voor PM<sub>10</sub> (WHO, 2006).

### 2.2.3 SO<sub>2</sub>

De waarde voor kortdurende blootstelling aan SO<sub>2</sub> van 500 µg/m<sup>3</sup> voor 10 minuten is ongewijzigd gebleven. De AQG voor het 24-uursgemiddelde is verlaagd naar 20 µg/m<sup>3</sup>, op basis van epidemiologische studies waarin SO<sub>2</sub>-concentraties waren gecorreleerd met dagelijkse sterfte. Dit was het geval bij concentraties veel lager dan de oude AQG (125 µg/m<sup>3</sup>). De WHO merkt op dat er weliswaar onzekerheid is of SO<sub>2</sub> zelf verantwoordelijk is voor het effect, of een gecorreleerde component. Zij gaat er echter vanuit dat bij het verlagen van de concentratie SO<sub>2</sub> ook gecorreleerde componenten in concentratie afnemen en daarmee het risico op gezondheidseffecten. Een waarde voor het jaarlijks gemiddelde is niet meer nodig, omdat de 24-uurswaarde voldoende lage jaargemiddelden garandeert (WHO, 2006).

## 2.3 Update geluid

Tabel 2 geeft een recent overzicht van alle gezondheidseffecten waarvan tot nu toe een associatie met de blootstelling aan geluid gevonden is bij volwassenen. Hierbij wordt de mate van bewijs gescoord aan de hand van de categorieën zoals voorgesteld door de International Agency on the Research on Cancer (IARC), lopend van 'voldoende', 'beperkt', 'inadequaat' tot 'afwezig'. Dit overzicht is gebaseerd op een aantal eerder gepubliceerde reviews (Gezondheidsraad 1999, Babisch et al., 2004, Van Kempen et al., 2002, Miedema en Oudshoorn, 2001, Passchier-Vermeer, 2000 en 2003, Porter et al., 1998, Stansfeld et al., 2000, Stansfeld en Lercher, 2003, richtlijnen van de WHO (Berglund et al., 1999, WHO, 2002a, 2002b, Hygge et al., 2003, Van Kamp et al., 2004, Woudenberg et al., 2006).

Op basis van deze overzichtsstudies kan worden geconcludeerd dat er voldoende bewijs is voor het ontstaan van *gehoorschade* door extreem hoge geluidsniveaus, en voor gezondheids- en welzijnseffecten zoals hinder en slaapverstoring. Er bestaat enig, zij het niet consistent, bewijs voor een verhoogde prevalentie van cardiovasculaire aandoeningen zoals hypertensie en ischemische hartziekten.

Tabel 2: Overzicht gezondheidseffecten van geluid bij volwassenen (Bron : Van Kamp et al., 2004)

Effect	Bewijs <sup>a</sup>	Situatie <sup>c</sup>	Doelwaarde		
			Geluidsmaat	dB(A)	Binnen/ Buiten <sup>d</sup>
Hinder	Voldoende	Omgeving <sup>e</sup>	L <sub>den</sub>	42 <sup>f</sup>	Buiten
Psychosociaal welbevinden	Beperkt	Omgeving	L <sub>dn</sub>	±50	Buiten
Psychiatrische aandoeningen	Beperkt	Omgeving			
Taakverrichting	Beperkt	Omgeving			
Slaapverstoring	Voldoende	Slaap			Binnen
✓ <i>veranderingen in EEG</i>	Voldoende	Slaap	SEL	35	Binnen
✓ <i>parameters</i>					
✓ <i>ontwaakreacties</i>	Voldoende	Slaap	SEL	60	Binnen
✓ <i>(begin van) bewegen</i>	Voldoende	Slaap-vlieg	SEL	35-40	Buiten
✓ <i>subjectieve slaapkwaliteit</i>	Voldoende	Slaap	Ln	45	Binnen
✓ <i>hartslag</i>	Voldoende	Slaap	SEL	40	Buiten
✓ <i>stemming</i>	Beperkt	Slaap	L <sub>Aeq,06-22h</sub>	>60	
✓ <i>hormoon spiegels</i>	Inadequaar	Slaap			
✓ <i>immuun systeem</i>	Beperkt	Slaap			
✓ <i>taakverrichting volgende dag</i>	Beperkt	Slaap			
Hypertensie	Voldoende <sup>b</sup>	Omgeving-vlieg	L <sub>Aeq,06-22h</sub>	55	Buiten
	Beperkt	Omgeving-weg	L <sub>Aeq,06-22h</sub>	55	Buiten
Biochemische effecten	Beperkt	Omgeving			
Immuuneffecten	Beperkt	Omgeving-vlieg			
Ischaemische hartziekten	Beperkt <sup>b</sup>	Omgeving-weg-vlieg	L <sub>Aeq,06-22h</sub>	>55	Buiten
✓ <i>anti-hypertensiva</i>	Beperkt <sup>b</sup>	Omgeving-weg-vlieg			
✓ <i>medische consult</i>	Beperkt <sup>b</sup>	Omgeving-weg-vlieg			
✓ <i>angina pectoris</i>	Beperkt <sup>b</sup>	Omgeving-weg			
✓ <i>myocard infarct</i>	Voldoende	Omgeving-weg			
✓ <i>IHD-totaal</i>	Voldoende	Omgeving-weg			
Gehoorverlies	Voldoende	Recreatie	L <sub>Aeq,24h</sub>	70	Binnen

a Classificatie van bewijs voor causale relatie tussen blootstelling aan geluid en gezondheidseindpunten

b Onvoldoende statistisch bewijs in meta-analyse van studies (van Kampen et al., 2002)

c Omgeving= omgevingslawaai, weg= geluid van weg verkeer, vlieg=geluid van vliegverkeer; slaap =blootstelling tijdens slaap; school=blootstelling van kinderen op school.

d Binnen en buiten meting; verschil 15-25 dB(A) voor huizen met enkele ramen

e Drempelwaarde voor verkeers- en industrieel geluid; drempelwaarde is lager voor impuls geluid

f Drempelwaarde voor ernstige hinder

Conclusies ten aanzien van een causale relatie tussen omgevingsgeluid en *mentale* gezondheid kunnen niet getrokken worden. De onderzoeksresultaten zijn niet consistent en onderzoek op dit terrein heeft te lijden onder methodologische tekortkomingen. Smith (2003) vond een significante relatie tussen blootstelling aan geluid en cognitieve fouten, maar een aantal andere studies naar het voorkomen van psychische aandoeningen laat inconsistente resultaten zien (Stansfeld en Lercher, 2003). Ook is nog niet overtuigend aangetoond dat er een causaal verband bestaat tussen omgevingsgeluid en aandoeningen gerelateerd aan het immuunsysteem (Gezondheidsraad, 1999).

Ten aanzien van doel/richtwaarden van geluid bestaat nog geen overeenstemming. De WHO geeft bijvoorbeeld een grenswaarde van 50 dB(A) voor ernstige hinder en de



Gezondheidsraad 42 dB(A). Ook voor de overige streefwaarden geldt dat deze nog ter discussie staan. Grofweg kan worden geconcludeerd dat beneden een nachtbelasting van 35 dB(A) binnenshuis en beneden een dagbelasting van 42 dB(A) buitenshuis geen gezondheidseffecten te verwachten zijn. Deze waarden zijn gebaseerd op nieuwe inzichten en wijken enigszins af van de in 1999 door WHO vastgestelde waarden, die in 2004 zijn overgenomen als gezondheidkundige advieswaarde binnenmilieu.

#### *Geluid van installaties*

De bron van geluid is niet zelden binnenshuis te vinden. Ventilatiesystemen zijn hier een voorbeeld van. Zij maken mechanisch geluid (bewegende onderdelen) en aerodynamisch geluid (bij kleppen en roosters) (Op 't Veld, 1998).

Naast geluid van het systeem zelf hebben de verschillende ventilatiesystemen invloed op de mate waarin geluid van buiten en geluid van de burens woning binnenkomt (zie Tabel 3).

*Tabel 3: Mate waarin geluid een rol speelt bij ventilatiesystemen (Bron: Op 't Veld et al., 1998)*

	<b>Natuurlijke ventilatie</b>	<b>Mechanische ventilatie</b>	<b>Balans-ventilatie</b>
Geluid van buiten	+	0	0
Geluid van het systeem	-	+	+
Geluidoverdracht tussen woningen	0	0	+

+: Belangrijk, 0: In het algemeen van minder belang, - Niet van toepassing



### 3. Meetgegevens in Nederland

Als vervolg op het opstellen van de gezondheidkundige advieswaarden in 2004, is nu nagegaan op welke manier voor de diverse agentia een achtergrondwaarde gegeven kan worden, op basis van recente meetgegevens in Nederland. Deze vraag is voornamelijk voortgekomen uit het feit dat niet voor alle agentia een gezondheidkundige advieswaarde kon worden afgeleid. Een achtergrondwaarde kan toch enig houvast geven bij het beoordelen van situaties waarbij geen gezondheidkundige waarde beschikbaar is, of niet gehaald kan worden (bijvoorbeeld voor radon).

Mogelijk kan een achtergrondwaarde tevens voor een aantal stoffen zonder drempelwaarde ook een beter houvast zijn dan de gezondheidkundige advieswaarde, als uit meetgegevens blijkt dat de concentratie in woningen veel lager kan zijn (bijvoorbeeld benzeen). Het beoogde resultaat was een lijst van binnenmilieuwaarden, waarin per agens indien beschikbaar twee waarden worden gegeven:

1. een gezondheidkundige advieswaarde gebaseerd op het MTR;
2. een achtergrondwaarde, gebaseerd op recente meetgegevens.

Recent zijn metingen verricht in 1240 Nederlandse woningen (zie paragraaf 3.1.). Bij de start van dit project 'vervolg advieswaarden binnenmilieu' werd ervan uitgegaan dat de resultaten van deze metingen konden dienen om achtergrondwaarden vast te stellen. Van tevoren zijn daarvoor in de begeleidingscommissie criteria opgesteld. Uiteindelijk bleken de meetdata niet te voldoen aan de vereiste kwaliteit en kunnen geen achtergrondwaarden worden vastgesteld. Om de overwegingen te documenteren die een rol hebben gespeeld bij de definitie van 'achtergrondwaarden' zijn deze opgenomen als Bijlage D.

We hebben een literatuuronderzoek gedaan naar metingen in Nederlandse woningen van de afgelopen tien jaar (zie paragraaf 3.2.). Deze data worden in dit rapport beschreven. Ze kunnen evenmin dienen als achtergrondwaarden, maar ze geven wel een idee van de ordegrrootte van concentraties in woningen in voornamelijk stedelijk gebied en bieden daardoor deels het gewenste referentiekader.

#### *3.1 Onderzoek in 1240 Nederlandse woningen*

In het stookseizoen van 2004/2005 zijn in opdracht van het ministerie van VROM metingen uitgevoerd in 1240 Nederlandse woningen (verder te noemen het VROM-onderzoek). De adressen zijn verkregen door middel van een steekproef uit het Kwalitatieve Woning Registratie (KWR) bestand 2000, aangevuld met een steekproef uit een apart bestand met nieuwbouwwoningen, met als bouwjaar 2000 tot en met 2003. Hierbij is zorg gedragen voor een goede geografische spreiding en spreiding naar gemeentegrootte. Voor dit laatste is aangehouden: de vier grote steden (Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht), en gemeenten met een inwonersaantal van < 30.000, 30.000-100.000 en boven de 100.000. Verder is een onderverdeling gemaakt naar bouwjaar (< 1945, 1945-1970, 1971-1980, na 1980) en beheersvorm (sociale huur, particuliere huur of koop). Dit laatste is samengevat in Tabel 4.

Tabel 4. Aantal woningen in het VROM-onderzoek, naar bouwjaar en beheervorm.  
Bron: Van Dongen en Vos, 2007

Beheervorm	Bouwjaar				Totaal
	<1945	1945-1970	1971-1980	Na 1980	
Sociale huur	124	121	120	127	492
Particuliere huur	50	77	51	70	248
Koop	127	126	121	126	500
<b>Totaal</b>	301	324	294	323	<b>1240</b>

De volgende zaken zijn in het meetprogramma opgenomen:

- biologische agentia in huisstof (monsterneming tijdens dagprogramma);
- asbest (monsterneming tijdens dagprogramma), alleen kwalitatief;
- VOC's, inclusief benzeen (duurmeting gedurende 1 week);
- formaldehyde (duurmeting gedurende 1 week) in de keuken, plus eventueel een ruimte waarin spaanplaat is verwerkt;
- NO<sub>2</sub> (duurmeting gedurende 1 week);
- temperatuur- en luchtsnelheidsmetingen (momentaan);
- ventilatiecapaciteitsmetingen (momentaan);
- temperatuur en RV-metingen (duurmeting gedurende 1 week);
- CO<sub>2</sub>-metingen (duurmeting gedurende 1 week);
- akoestische metingen en schattingen;
- luchtdoorlatendheidsmetingen.

#### Meetresultaten

De data zijn geanalyseerd door TNO (Van Dongen en Vos, 2007). Wij verwijzen u naar het betreffende rapport voor detailinformatie over de diverse metingen.

Hieronder vindt u enkele problemen die de bruikbaarheid van de onderzoeksresultaten voor het vaststellen van achtergrondwaarden hebben beïnvloed.

- Een groot deel van de VOC-metingen is door de onderzoekers zelf afgekeurd omdat naar hun oordeel een deel van de gebruikte badges was verontreinigd. Zij hebben daarvoor geen verklaring gevonden. Er is geen precies inzicht in de juistheid van de criteria die gehanteerd zijn om bepaalde meetresultaten al dan niet valide te verklaren. De overgebleven waarden (uit 87 woningen) zijn lager dan op grond van diverse metingen (in kleinschalige onderzoeken bij specifieke situaties) verwacht mag worden. Wat zij precies zeggen is om deze redenen niet duidelijk.
- De gemeten NO<sub>2</sub>-concentraties zijn opvallend laag. Zo is in 60 % van de gevallen de concentratie lager dan 20 µg/m<sup>3</sup>, zelfs in de grote steden, waar in de buitenlucht de concentratie in de orde van een factor 2 hoger is. Zonder nader inzicht in welke factoren samenhangen met deze lage meetwaarden, is niet zonder meer aan te nemen dat ze een reëel beeld geven van de NO<sub>2</sub>-concentraties in woningen.
- De monsters ter bepaling van biologische agentia zijn niet op een juiste wijze gehanteerd. Zij zijn pas na enkele dagen ingevroren, waardoor groei van micro-organismen door kon gaan ná de bemonstering. Er is daarom niet aan te geven welke concentratie oorspronkelijk in de woning is aangetroffen.
- De waarden geven geen inzicht in eventuele seizoensvariaties.

Vanwege het wegvallen van deze data, beschrijven we uiteindelijk in dit rapport voornamelijk de meetwaarden uit de literatuur en verder de asbest-, formaldehyde- en CO<sub>2</sub> metingen uit het VROM-onderzoek<sup>7</sup>.

### **3.2 Literatuuronderzoek.**

In de wetenschappelijke literatuur is gezocht naar meetgegevens in woningen in Nederland. Daartoe is in Medline, Toxline en Current Contents gezocht naar meetgegevens die tussen 1995 tot mei 2007 gepubliceerd zijn. De zoekopdracht was telkens als volgt: (indoor or dwelling\*) and (Netherlands\* or Holland) and <naam van de component>. <Naam van de component> betreft een component uit de lijst van agentia.

Per component bleven in het algemeen vervolgens minder dan tien referenties over, die op basis van het abstract zijn beoordeeld op relevantie. De relevante artikelen zijn aangevraagd en de meetgegevens die erin voorkomen zijn opgenomen in BIJLAGE E, waarbij is aangegeven in hoeveel woningen is gemeten, in welk seizoen van welk jaar, en de bijbehorende referentie. De waarden worden beschreven in de paragrafen 3.3 tot en met 3.6.

In de gereviewde literatuur zijn dus beperkte meetgegevens aanwezig. In het kader van incidenten zijn vaker metingen in woningen gedaan. Metingen bij incidenten zijn in het kader van dit project niet bruikbaar. Zij geven immers geen beeld van algemeen voorkomende concentraties in woningen.

### **3.3 Chemische agentia**

Voor de meeste chemische agentia uit de lijst GAW zijn geen meetgegevens beschikbaar in de literatuur of uit het VROM-onderzoek in 1240 woningen. Voor deze agentia is daarom geen aanvullende informatie in dit rapport opgenomen. De gezondheidkundige advieswaarden zijn wel in Tabel 1 voorin dit rapport opgenomen. De onderbouwing van deze waarden is grotendeels beschreven in het rapport uit 2004. Hieronder worden, op alfabetische volgorde, de meetwaarden beschreven voor de agentia waarvoor wél gegevens beschikbaar zijn.

#### **3.3.1 Asbest**

Voor asbest zijn uit het VROM-onderzoek geen concentraties bekend. Er kan alleen uit worden afgeleid dat in ongeveer 2 % van de woningen asbest is aangetroffen (Van Dongen en Vos, 2007).

Ook Oomen en Lijzen (2004) concluderen dat er weinig gegevens zijn over asbestconcentraties in huis(stof). Zij schatten de concentratie asbest in huisstof op basis van de beschikbare data in de ordegrrootte van  $1 \times 10^3$  vezels per cm<sup>2</sup> in huizen die zelf geen asbestmateriaal bevatten. Van de concentratie in de binnenlucht wordt aangenomen dat deze ongeveer gelijk is aan de buitenluchtconcentratie. De

---

<sup>7</sup> We rapporteren de gewogen waarden uit Van Dongen en Vos (2007). De weging houdt in dat de waarden representatief zijn gemaakt voor de Nederlandse woningvoorraad.

asbestconcentratie in de bodem draagt in beperkte mate bij aan de asbestconcentratie in huis(stof). Het wordt aanbevolen de asbestconcentratie in huisstof te meten als de bodemconcentraties hoger zijn dan 1000 mg/kg voor hechtgebonden asbest, en hoger dan 100 mg/kg voor niet-hechtgebonden asbest (Oomen en Lijzen, 2004).

De relatie tussen de concentratie asbest in huisstof en de concentratie asbest in de binnenlucht is afhankelijk van diverse factoren (onder andere vezeltype, hoeveelheid activiteit in huis) en alleen grofweg in te schatten. NEN 2991 beschrijft een methode om op grond van de concentratie in huisstof in te schatten of het MTR voor asbestvezels in de lucht zal worden overschreden (NEN 2991, 2005).

### 3.3.2 Benzeen

In Amsterdam bedroeg de gemiddelde benzeenconcentratie  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (range 1,5-10,5) in woningen langs straten met weinig verkeer en  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (range 2,2-18,8) in woningen langs straten met veel verkeer. In beide groepen woningen werd niet gerookt (Fischer et al., 2000).

### 3.3.3 Fijn stof

De meetwaarden voor fijn stof zijn allemaal afkomstig uit Amsterdam. Een onderzoek in Amsterdamse woningen van volwassenen tussen de 50-70 jaar oud rapporteerde een gemiddelde concentratie van  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$ , met een range van  $19-65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Janssen et al., 1998). Een recenter onderzoek toonde een gemiddelde concentratie van  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (range 9-33) aan in Amsterdamse woningen bij wegen met weinig verkeer, en  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (16-87) in woningen langs wegen met een hoge verkeersintensiteit (Fischer et al., 2000).

### 3.3.4 Formaldehyde

Formaldehyde is in het VROM-onderzoek gemeten in ongeveer 350 woningen. Er is gemeten in de keuken en een tweede ruimte, waar plaatmaterialen aanwezig waren. De weekgemiddelden in deze twee ruimten ontlieden elkaar nauwelijks, de mediaan bedroeg respectievelijk  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (zie Tabel 5).

Tabel 5: Weekgemiddelde formaldehydeconcentraties in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Bron: Briefrapport TNO, 2006)<sup>8</sup>

Ruimte	5 percentiel % <sup>9</sup>	50 percentiel	95 percentiel
<i>Keuken</i>			
Geen rokers	4,5	12,0	24,0
Wel gerookt in huis	5,2	13,0	24,7
<i>Andere ruimte</i>			
Geen rokers	3,4	10,0	21,8
Wel gerookt in huis	3,0	11,0	26,2

Formaldehyde kan vooral vrijkomen uit plaatmaterialen als de temperatuur stijgt. In tegenstelling tot veel stoffen kan de formaldehydeconcentratie daardoor hoger zijn in

<sup>8</sup> Deze gegevens zijn ook afkomstig uit het VROM-onderzoek, maar speciaal opgevraagd in deze vorm.

<sup>9</sup> Het percentage woningen waarin de maximum concentratie van de week onder de genoemde concentratie blijft

de zomer. De waarden uit het VROM-onderzoek, dat heeft plaatsgevonden in de winter, kunnen de concentraties in de zomer onderschatten.

#### *Nuancering gezondheidkundige advieswaarde*

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

### **3.3.5 Kooldioxide (CO<sub>2</sub>)**

Kooldioxide wordt gezien als een indicator voor ventilatie (zie paragraaf 4.1). Wanneer de CO<sub>2</sub>-concentratie hoog is, is dit een aanwijzing dat ook andere stoffen zich kunnen ophopen in het binnenmilieu. Daarom zijn voor CO<sub>2</sub> vooral piekwaarden van belang. Uit het VROM-onderzoek blijkt dat in 59% van de woonkamers en 47 % van de slaapkamers de CO<sub>2</sub> concentratie minstens één keer per week boven 1200 ppm is (zie ook Tabel 6). De gemiddelde duur van deze overschrijding bedroeg 14 uur per week. In 90 % van de woonkamers is de concentratie minstens een keer per week meer dan 800 ppm (gemiddeld 35 uur per week), in 74 % van de woonkamers wordt 1000 ppm minstens één keer per week overschreden (gemiddeld 21 uur per week).

*Tabel 6: Piek CO<sub>2</sub>-concentraties (weekgemiddeld) in ppm (Bron: Van Dongen en Vos, 2007)*

<b>Ruimte</b>	<b>5 %<sup>9</sup></b>	<b>50 %</b>	<b>95 %</b>
Woonkamer	713	1312	2744
Slaapkamer	639	1175	2845

Willers (2006) rapporteert gemiddelde CO<sub>2</sub> -concentraties in de keuken van ongeveer 660 ppm (n=69). Tijdens het koken op gas was de gemiddelde concentratie rond de 900 ppm, circa 160 ppm hoger dan gemiddeld tijdens het elektrisch koken.

### **3.3.6 Koolmonoxide (CO)**

In de studie van Willers t al. lag de CO-concentratie in het algemeen onder de detectielimiet (het gemiddelde bedroeg uiteindelijk 0,4 ppm). In woningen waar op gas werd gekookt, was dit gemiddelde wat hoger (Willers et al., 2006).

#### *Opmerking over de gezondheidkundige advieswaarde*

De advieswaarde is niet bruikbaar om het risico vast te stellen. Wanneer er in de woning koolmonoxide wordt aangetroffen, kan dit namelijk een aanwijzing zijn dat zich apparaten in de woning bevinden die CO verspreiden. Daarom is emissie-onderzoek noodzakelijk als CO in de woning wordt aangetroffen, ongeacht de hoogte van de concentratie.

### 3.3.7 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) vormen een groep van enige honderden organische verbindingen. Benzo[a]pyreen (B[a]P), één van de PAK's, geldt als indicator van deze groep verbindingen. Fischer et al. (2000) rapporteren een gemiddelde B[a]P-concentratie van 0,16 ng/m<sup>3</sup> in woningen in Amsterdam bij wegen met een lage verkeersintensiteit en 0,38 ng/m<sup>3</sup> gemiddeld in woningen bij wegen met een hoge verkeersintensiteit. Beide waarden zijn gevonden in woningen waar niet werd gerookt.

### 3.3.8 Stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>)

Het is algemeen bekend dat de aanwezigheid van verbrandingstoestellen in huis de concentratie van NO<sub>2</sub> in de binnenlucht verhoogt. Dit is ook terug te vinden in het onderzoek van Willers et al. (2006). De gemiddelde concentratie (periode van 48 uur) in de keuken van woningen waar op gas werd gekookt was 27 µg/m<sup>3</sup>, en waar elektrisch werd gekookt 22 µg/m<sup>3</sup>. Er is in de resultaten geen onderscheid gemaakt naar woningen die in een landelijk dan wel stedelijk gebied staan.

## 3.4 Fysische agentia

Van de fysische agentia zijn alleen voor radon meetgegevens beschikbaar in Nederlandse woningen. Voor temperatuur, vocht en ventilatie verwijzen we naar hoofdstuk 4.

### 3.4.1 Radon

In Nederland zijn naar schatting per jaar ongeveer 800 gevallen van longkanker aan radon toe te schrijven (GR 2000). Hiermee ligt het longkankerrisico op circa 50 per miljoen inwoners; een factor 50 boven het MTR. De radonconcentratie binnenshuis zou daarom grofweg met een factor 50 moeten worden teruggebracht om het MTR te bereiken. Dat betekent dat de gemiddelde radonconcentratie tot circa 0,5 Bq/m<sup>3</sup> verlaagd zou moeten worden. Deze waarde ligt beneden de heersende buitenluchtconcentratie van 3 Bq/m<sup>3</sup>. Omdat dit geen reële doelstelling lijkt, is afgezien van het vaststellen van een gezondheidkundige advieswaarde (Dusseldorp et al., 2004).

De beste schattingen voor de radonconcentraties in Nederlandse woningen komen uit de radonsurveys. Tijdens deze surveys wordt gedurende een heel jaar gemeten op meetlocaties die goed gespreid zijn over Nederland. De tweede radonsurvey betrof huizen die tussen 1985 en 1993 gebouwd zijn. De gemiddelde radonconcentratie bedroeg 28 Bq/m<sup>3</sup> in de woonkamer (Stoop et al., 1998). Op basis van de radonconcentraties uit de surveys en informatie over de leeftijd van de Nederlandse woningvoorraad worden gemiddelde concentraties over alle woningen in Nederland berekend. In het jaar 2000 bedroeg deze gemiddelde radonconcentratie over alle woningen ongeveer 23 Bq/m<sup>3</sup>. Incidenteel worden in de literatuur hogere waarden gerapporteerd. In Eijsden werden 24-uurs gemiddelden voor de radonconcentratie gemeten van 46 Bq/m<sup>3</sup> (Albering et al., 1996). De onderzochte huizen in Eijsden liggen echter in een gebied waar veel radon in de bodem voorkomt<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> In 13 studies uit 9 Europese landen werden gemiddelde radonconcentratie gerapporteerd rond de 100 Bq/m<sup>3</sup> (Darby et al., 2005).



Momenteel is de derde radonsurvey aan de gang, in huizen gebouwd tussen 1994 en 2003 (RIVM, 2006). In deze derde survey wordt ook de invloed van ventilatie, bouwmaterialen en de bodemsamenstelling op de hoeveelheid radongas in de woning geëvalueerd. De resultaten hiervan zullen eind 2007 beschikbaar komen. Tot die tijd worden de radonconcentraties uit de eerste radonsurveys aangehouden.

### **3.5. Biologische agentia**

De concentratie van diverse biologische agentia in Nederlandse woningen is in verschillende studies gemeten (onder andere Douwes et al., 2000, Van den Bemt et al., 2002, Van Strien et al., 1995 en 2002, Schram-Bijkerk et al., 2005, Giovannangelo et al., 2007a en b). In het algemeen betreffen dit studies naar de concentratieverschillen tussen woningen van mensen met en zonder bepaalde (luchtweg)symptomen, om bij te dragen aan het verduidelijken van verbanden tussen biologische agentia en gezondheidseffecten, of studies naar factoren die de hoeveelheid huisstof en/of de hoeveelheid biologische agentia beïnvloeden. Dat zijn bijvoorbeeld de aanwezigheid van een GFT-bak (Wouters et al., 2000) en het type vloer, aanwezigheid van huisdieren en het aantal bewoners (Giovannangelo et al., 2007a en b).

Een achtergrondwaarde in woningen vaststellen op grond van de diverse studies is moeilijk. De belangrijkste reden hiervoor, die ook uiteengezet is in de rapportage GAW 2004, is het ontbreken van een standaard meetmethode<sup>11</sup>. Dat begint al met het verzamelen van stof waarin de bepaling wordt gedaan. Dit kan bijvoorbeeld worden opgezogen van een (deel van een) vloeroppervlak of een matras, verzameld met de stofzuiger of een veegmonster zijn van neergeslagen stof. Bepalingen in de lucht correleren hier niet mee (onder andere Hyvärinen et al., 2006). Ter discussie staat momenteel of meten van de concentratie in lucht vaker zou moeten worden toegepast omdat het meer zegt over de daadwerkelijke blootstelling. Het nadeel is dat de concentraties erg fluctueren en er gevoeligere analysemethoden nodig zijn omdat minder stof wordt verzameld (Schram-Bijkerk et al., 2006)<sup>12</sup>. Vervolgens zijn er ook in de analyse en extractiemethoden nog zeer veel verschillen die leiden tot verschillende uitkomsten. Hierdoor is binnen de studies wel een vergelijking te maken tussen de concentraties, maar de absolute waarden uit de ene studie zijn moeilijk te vergelijken met waarden uit een andere studie (Hyvärinen et al., 2006, Van Strien et al., 2002) (zie ook BIJLAGE F).

De meetwaarden uit het literatuuronderzoek moeten dan ook in dit licht worden gezien.

---

<sup>11</sup> In Bijlage E is voor de Nederlandse studies kort aangegeven welke meetmethoden zijn gebruikt.

<sup>12</sup> Of (bij het verzamelen van liggend stof) de concentraties allergenen en andere componenten in huisstof beter per m<sup>2</sup> of per gram huisstof kunnen worden weergegeven om actuele blootstelling aan de componenten weer te geven is niet duidelijk (Douwes et al., 2000)



## 4. Ventilatie, vocht en temperatuur

### 4.1. Ventilatie

In de praktijk wordt meestal gebruikgemaakt van de CO<sub>2</sub>-concentratie om na te gaan of de ventilatie voldoende is. CO<sub>2</sub> doet daarbij dus dienst als marker. Er wordt aangenomen dat daarmee ook de concentraties van andere stoffen binnenshuis niet oplopen<sup>13</sup>. Zonder kennis van andere bronnen in een specifieke situatie kan de CO<sub>2</sub> -concentratie echter nooit een garantie zijn voor voldoende ventilatie respectievelijk een gezond binnenmilieu. Bij een CO<sub>2</sub>-concentratie tussen de 800 en 1200 ppm wordt het binnenmilieu door de aanwezigen meestal niet als ‘muf’ ervaren. Bij hogere concentraties kunnen klachten optreden van stank, benauwdheid, concentratiestoornissen, moeheid etc.<sup>14</sup>. De concentratie van 1200 ppm wordt wel eens overschreden in ruim de helft van de Nederlandse woonkamers en in mindere mate de slaapkamers (Van Dongen en Vos, 2007).

Voor de invloed van ventilatiesystemen op het geluid in de woning, zie paragraaf 2.3. De richtlijnen die kunnen worden aangehouden voor ventilatie en de CO<sub>2</sub> -concentratie, zijn weergegeven in Tabel 7 (Bron: Dusseldorp et al., 2004).

*Tabel 7: Richtlijnen gepercipieerde luchtkwaliteit en ventilatie*

<b>Agens</b>	<b>Richtlijn<sup>15</sup></b>
CO <sub>2</sub> -concentratie	800 – 1200 ppm
Ventilatie	25 m <sup>3</sup> per uur per persoon
Ventilatievoud	0,5 – 1

### 4.2. Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid

Voor temperatuur en relatieve luchtvochtigheid zijn geen gezondheidkundige advieswaarden of achtergrondwaarden aan te geven. Om de beoordeling van het binnenklimaat mogelijk te maken, kan gebruik worden gemaakt van de waarden in tabel 8. Bij deze temperatuur en relatieve vochtigheid voelt 80% van de mensen zich behaaglijk (ASHRAE, 1992), wanneer zij licht werk doen, voornamelijk zittend. Daarbij is rekening gehouden met het feit dat mensen 's winters anders gekleed zijn dan 's zomers.

<sup>13</sup> Metingen in de praktijk wijzen ook op samenhang. Zo vonden bijvoorbeeld Van der Lucht et al. (1996) een samenhang tussen CO<sub>2</sub> -concentratie en diverse andere gemeten verontreinigingen.

<sup>14</sup> Pas bij CO<sub>2</sub>-concentraties in de buurt van de 30.000 ppm ontstaan gezondheidsklachten die te wijten zijn aan CO<sub>2</sub>.

<sup>15</sup> Dit is geen gezondheidkundige advieswaarde

*Tabel 8. Combinatie relatieve vochtigheid en temperatuur, waarbij men zich behaaglijk voelt (EPA, 2005)<sup>16</sup>*

<b>Relatieve vochtigheid</b>	<b>Winter-temperatuur</b>	<b>Zomertemperatuur</b>
30%	20 – 24	23 – 27
40%	20 – 24	23 – 27
50%	20 – 24	23 – 26
60%	20 – 23	23 -26

Deze waarden geven aan wanneer mensen zich behaaglijk voelen en zijn niet per definitie ook het meest gunstig voor de gezondheid. Vooral bij ouderen kan bij langdurige blootstelling aan temperaturen boven de 25 °C de gezondheid nadelig worden beïnvloed: het kan leiden tot vermoeidheid, concentratieproblemen en benauwdheid. Bij deze temperaturen, gecombineerd met een hoge relatieve luchtvochtigheid is daarom voorzichtigheid geboden (Schols, 2007).

<sup>16</sup> Oorspronkelijke bron: ASHRAE, 1992

## Literatuur

Albering H.J., Hoogewerff J.A., Kleinjans J.C.S. (1996). Survey of  $^{222}\text{Rn}$  concentrations of dwellings and soils in the Dutch Belgian border region. *Health Physics*, volume 70, number 1.

Antens, C.J.M., Oldenwening M., Wolse A., Gehring. U., Smit, H.A., Aalberse R.C., Kerkhof M., Gerritsen J., Jongste J.C. de, Brunekreef B (2006). Repeated measurements of mite and pet allergen levels in house dust over a time period of 8 years. *Clinical and Experimental Allergy* 36, 1525-1531.

ASHRAE (1992). Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. USA.

ATSDR (2005) Toxicological profile for naphthalene, 1-methylnaphthalene, and 2-methylnaphthalene. US Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

Babisch W. Health aspects of extra-aural noise research (2004). *Noise and Health*. 2004;6(22): 69-81.

Bemt van den L., de Vires MP., Knapen L van., Jansen M., Goossens M., Muris J.W.M., Schayck CP van. Influence of mattress characteristics on house dust mite allergen concentration. *Clinical and Experimental Allergy*, 36, 233-237, 2006.

Chew G.L., Douwes J., Doekes G., Higgins K.M., van Strien R., Spithoven J., Brunekreef B (2001). Fungal extracellular polysaccharides, beta (1-->3)-glucans and culturable fungi in repeated sampling of house dust. *Indoor Air*. 2001 Sep;11(3):171-8.

Darby S., Hill D., Auvinen A., Barros-Dios JM., Baysson H., Bochiccio F., Deo H., Falk R., Forastiere F., Hakama M., Heid I., Kreienbrock L., Kreuzer M., Lagarde F., Mäkeläinen I., Muirhead C., Oberaigner W., Pershagen G., Ruano-Ravina A., Ruosteenoja E., Schaffrath Rosario A., Tirmarche M., Tomásek L., Whitley E., Wichmann HE., Doll R (2005). Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ* 2005: 223-230.

Dongen J. en Vos H. (2007). Gezondheidsaspecten van woningen in Nederland TNO-rapport 2007-D-R0188/A. TNO, Rijswijk.

Douwes J., Zuidhof A., Doekes G., Van der Zee S., Wouters I., Boezen M., Brunekreef B. (2000). (1 → 3)-β-D-Glucan and Endotoxin in House Dust and Peak Flow Variability in Children. *Am. J. Crit. Care Med.* Vol 162; 1348-1354.

Dusseldorp A, Bruggen M van, Douwes J, Janssen PJCM, Kelfkens G (2004). Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu. RIVM Rapport 609021029. RIVM, Bilthoven.

EPA, 2005. IAQ Reference Guide. Indoor Air Quality. Tools for Schools. EPA 402-K-95-001. USA

EU (2005). INDEX; Critical appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU' Final report, January 2005. Ispra, Italië.

EU-RAR (2003) European Union Risk Assessment Report – Naftaleen. European Chemicals Bureau - Existing Substances, 1st Priority List, Volume 33.

Fischer P.H.; Hoek G.; Reeuwijk H. van; Briggs D.J.; Lebret E.; van Wijnen J.H. (2000); Kingham S; Elliott PE. Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam. *Atm. Env.* 34; 3713-22.

Gezondheidsraad (1999). Public health impact of large airports. The Hague: Health Council of the Netherlands; publication no.1999/14E. ISBN: 90-5549-279-5

Gezondheidsraad (2000): Radon: toetsing rapport 'BEIR VI'. Den Haag: Gezondheidsraad; publicatie nr /05.

Giovannangelo M., Gehring, U., Nordling E., Oldenwening, M., Rijswijk van, K., Wind de, S., Hoek, G., Heinrich, J., Bellander., Brunekreef B (2007a). Levels and determinants of  $\beta(1 \rightarrow 3)$ -glucans and fungal extracellular polysaccharides in house dust of (pre-)schoolchildren in three European countries. *Environment International* 33 (2007) 9-16.

Giovannangelo M., Gehring U., Nordling E., Oldenwening M., Terpstra G., Bellander T., Hoek G., Heinrich J., Brunekreef B. (2007b). Determinants of house dust endotoxin in three European countries - the AIRALLERG study. *Indoor Air*. 2007 Feb;17(1):70-9.

Hygge, S (2003). Noise exposure and Cognitive performance- children and the elderly as possible risk groups. WHO: Noise and Health indicators. Article 5038829-2003/7.

Hyvärinen A., Roponen M., Tiitonen P., Laitinen S., Nevalainen A., Pekkanen J. (2006) Dust sampling methods for endotoxin – an essential, but underestimated issue. *Indoor Air*, 2006; 16:20-27.

ISIAQ (2004). Performance Criteria of Buildings for health and environment. ISIAQ-CIB Task Group TG 42. Helsinki, Finland.

Janssen N.A.H., Lanki T., Hoek G., Vallius M., de Hartog J.J., Van Grieken R., Pekkanen J., Brunekreef B. (2005). Associations between ambient, personal, and indoor exposure to fine particulate matter constituents in Dutch and Finnish panels of cardiovascular patients. *Occup. Environ. Me.* 2005;62;868-877.

Janssen N.A., Hoek G., Brunekreef B., Harssema H., Mensink I., Zuidhof A (1998). Personal sampling of particles in adults: relation among personal, indoor, and outdoor air concentrations. *Am-J-Epidemiol*; VOL 147, ISS 6

Kamp I. van, Kempen E.E.M.M. van, Staatsen B.A.M en Nijland H (2004). Geluid en Gezondheid, Handboek Lawaai-beheersing 2004/05/Kluwer

Kempen E.E.M.M. van, Kruize H., Boshuizen H.C., Ameling C.B., Staatsen B.A.M., de Hollander AEM (2002). The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 307-17.

Kempen E.E.M.M. van, Staatsen B.A.M., Kamp I. van (2005). Selection and evaluation of exposure-effect-relationships for health impact assessment in the field of noise and health RIVM rapport 630400001

Lembrechts J; Janssen M; Stoop P (2001). Ventilation and radon transport in Dutch dwellings: computer modelling and field measurements. *Sci. of the total Env.* 292(2001);73-78.

Miedema H.M.E., Oudshoorn C.G.M (2001). Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives* 2001; 109: 409-16.

NEN 2991:2005. Lucht - Risicobeoordeling in en rondom gebouwen of constructies waarin asbesthoudende materialen zijn verwerkt. NEN, Delft.

Oomen A.G., Lijzen J.P.A (2004). Relevantie van humane blootstelling via huisstof aan lood en asbest. RIVM Rapport 711701037. RIVM, Bilthoven.

Op 't Veld P. en Passlack-Zwaans (1998). IEA Index 27: Evaluation and demonstration of domestic ventilation systems. *Assessments on noise. Energy and buildings* 27 263-273.

Passchier-Vermeer W. Noise and health of children (2000). TNO. TNO-report PG/VGZ/2000.042

Passchier-Vermeer W. (2003). Relationships between environmental noise and health, paper web discussion.

Porter N.D., Flindell I.H., Berry B.P (1998). Health effect-based noise assessment methods: a review and feasibility study. Teddington, Middlesex: National Physical Laboratory.

RIVM (1994). Beoordelingssystematiek bodemkwaliteit ten behoeve van bouwvergunningaanvragen. RIVM-rapport nr. 715810001. RIVM, Bilthoven.

RIVM (2006) <http://www.rivm.nl/radon/onderzoek/>

Schols, Prof. Dr. J.M.G.A (2007). Zorg voor kwetsbare ouderen; verstandig handelen tijdens perioden van hitte met temperaturen die langdurig boven de 25 0C blijven. Capaciteitsgroep Huisartsengeneeskunde, Universiteit Maastricht. Departement Tranzo, Universiteit van Tilburg.

Schram-Bijkerk D., Doekes G., Douwes J., Boeve M., Riedler J., Üblagger E., von Mutius E., Benz M.R., Pershagen G., Hage M. van, Scheynius A., Braun-Fahrlander C., Waser M., Brunekreef B. (2005). Bacterial and fungal agents in house dust and wheeze in children: the PARSIFAL study. *Clinical & Experimental Allergy*. Volume 35 (10) Page 1272-1287.

Schram-Bijkerk D., Doekes G., Boeve M., Douwes J., Riedler J., Üblagger E., von Mutius E., Benz M.R., Pershagen G., Wickman M., Alfvén T., Braun Fahrlander C., Waser M., Brunekreef B. (2006). PARSIFAL study group. Exposure to microbial components and allergens in population studies: A comparison of two house dust collection methods applied by participants and fieldworkers. *Indoor Air*. 2006 Dec;16(6):414-25.

Seifert B., Becker K., Hoffmann K., Krause C., Schulz C. (2000). The German Environmental Survey 1990/1992 (GerES II): a representative population study. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. Mar-Apr;10(2):103-14.

Smith (2003). Noise, Accidents Minor Injuries and Cognitive Failures, In: De Jong R.G., Houthgast T., Franssen E., Hoffman W. (eds). *Proceedings of the 8th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. Rotterdam, 2003. ICBEN Foundation: Schiedam, Netherlands: pp 140-144.

Stansfeld S., Haines M., Brown B (2000). Noise and health in the urban environment. *Reviews on environmental health* 15(1-2): 43-82.

Stansfeld S.A., Lercher P. (2003). Non-auditory physiological effects of noise: five year review and future directions In: De Jong R.G., Houthgast T., Franssen E., Hoffman W. (eds). *Proceedings of the 8th International Congress on Noise as a Public Health Problem*. Rotterdam, 2003. ICBEN Foundation: Schiedam, Netherlands: pp 84-90.

Stoop P, Glastra P, Hiemstra Y, de Vries L, Lembrechts J. Results of the second Dutch national survey on radon in dwellings ,1998 RIVM rapport 610058006]

Strien R.T. van., Koopmans L.P., Kerkhof M., Spithoven J., de Jongste J.C., Gerritsen J., Neijens J., Aalberse R.C., Smit H.A., Brunekreef B (2002). Mite and Pet Allergen Levels in Homes of Children born to Allergic and nonallergic Parents: in PIAMA Study. *Env. Health Persp*. Vol 110 (11).

TNO, J. van Dongen (2006). Meetgegevens binnenmilieu uit databestand VROM-onderzoek (Actie 29). Briefrapport2006L&G B041 64159.01.03.

US-EPA (1998) Integrated Risk Information System (IRIS) – Naftalene. Inhalation RfC Assessment 09/17/1998. USA.

VROM/VWS (2002). Actieprogramma Gezondheid en Milieu. Uitwerking van een beleidsversterking. Ministerie van VROM, Ministerie van VWS.

WHO (1999) Berglund B., T. Lindvall and D.H. Schwela (eds.). Guidelines for community noise. World Health Organisation, Genève.



WHO (2002). Environmental Health Indicators for the European Region. Update of methodology. Bonn: WHO, 2002.

WHO (2006). WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment.

Willers S.M., Brunekreef B., Oldenwening M., Smit H.A., Kerkhof M., De Vries H (2006). Gas cooking, kitchen ventilation, and exposure to combustion products. Indoor air. FEB 2006; 16 (1) : 65-73.

Woudenberg F, Perenboom RJM, Hofman WF, van Kamp I (2006). Geluid en gezondheid, Praktijkreeks Geluid en Omgeving, SDU, ISBN: 9012110483.

Wouters I.M., Douwes J., Doekes G., Thorne P.S., Heederik D.J.J (2000). Increased levels of bacterial endotoxin and fungal antigens in homes with indoor storage of organic household waste. Appl Environ Microbiol 2000;66:627-631.



## BIJLAGE A: Beschrijving document ISIAQ

*Bron: 'Performance Criteria of Buildings for health and environment' ISIAQ-CIB Task Group TG 42, 2004.*

### Behandelt:

De belangrijkste aspecten van technisch ontwerp en constructie die van belang zijn voor het creëren van een gezond en comfortabel binnenmilieu.

### **Possible performance levels for indoor air quality**

In dit hoofdstuk worden voor diverse factoren in het binnenmilieu 'target values' gegeven, gebaseerd op wat andere organisaties hebben aangeraden.

- Radon: ALARA. Verder wordt de WHO-waarde van 100 Bq/m<sup>3</sup> genoemd voor remedial action;
- EM-velden: Geen specifieke waarden aan te bevelen omdat wetenschappelijke discussie nog woedt of continue blootstelling aan lage EM-velden een gezondheidsrisico oplevert;
- CO: waarden overgenomen van WHO;
- NO<sub>2</sub>: waarden overgenomen van WHO;
- Ozon: waarde overgenomen van WHO;
- PM: aangegeven dat WHO geen waarde afleidt. Tevens waarden van US-EPA (1996) aangehaald, als waarden die in geen enkele binnenomgeving overschreden zouden mogen worden (zie onderstaande tabel).

*Tabel B.1. Waarden voor PM van de US-EPA*

	Target Value (µg/m <sup>3</sup> )	Tijdsduur	Referentie
PM <sub>10</sub>	50	Jaargemiddelde	US-EPA 1996
	150	24 uur gem.	
PM <sub>2,5</sub>	15	Jaargemiddelde	US-EPA 1996
	60	24 uur gem.	

- ETS: geen veilige waarde, geen target value genoemd (wel een unit risk waarde voor een huis waar één persoon rookt; circa 1. 10<sup>-3</sup>).
- Voor biologische agentia worden klassen gegeven van wat wordt aangetroffen in huizen en kantoren (bacteria, schimmels en allergenen). Omdat niet duidelijk is hoe deze vertaald moeten worden naar gezondheid, wordt geen target value genoemd.
- VOC's: weekwaarde van WHO 2000 overgenomen. Benzeen: risk level genoemd van WHO. Verder aantal waarden voor verzamelcategorieën overgenomen van Seifert (2000; zie Tabel B.2). Daarbij wordt opgemerkt dat dit om indicatieve waarde gaat en er, afhankelijk van de aanwezige individuele verbindingen, toch nadelige effecten zouden kunnen zijn.

Tabel B.2. Waarden voor VOC's

	Target Value ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tijdsduur	Referentie
TVOC	300	?	Seifert, 2000
Alifatische koolwaterstoffen	100	?	Seifert, 2000
Aromatische koolwaterstoffen	50	?	Seifert, 2000
Gehalogeneerde koolwaterstoffen	30	?	Seifert, 2000
Terpenen	30	?	Seifert, 2000
Esters	20	?	Seifert, 2000
Aldehyden en ketonen (excl formaldehyde)	20	?	Seifert, 2000
formaldehyde	100	30 min	WHO, 2000

### Possible performance levels for thermal comfort

In dit hoofdstuk wordt informatie gegeven over

- percentage 'gehinderden bij bepaalde temperaturen (algemeen en lokaal discomfort);
- categorieën voor lokale discomfort parameters;
- temperatuur voor kantoren, cafés en opslagruimten in winter en zomer in drie klassen.

De rest van het hoofdstuk beschrijft een aantal algemeenheden, zoals

- koel en droog is beter dan warm en vochtig
- allergische mensen kunnen gebaat zijn bij centraal stofzuigersysteem, vloerverwarming ipv radiatoren enzovoort;
- pollenfilters;
- rekening houden met bouwmaterialen.

### Beschrijving van eisen

Vervolgens wordt in een aantal hoofdstukken ingegaan op de eisen die worden gesteld met betrekking tot ventilatie, de aanvoer van frisse lucht (deze mag niet vervuild zijn), emissies van bouwmaterialen, bescherming tegen schade door vocht en microbiële groei, het ontwerp en constructieproces, gebruik en onderhoud van systemen. Een deel hiervan is specifiek gericht op gebouwen waarin gewerkt wordt. Hierin wordt deels verwezen naar documenten van CEN, ISO en ASHRAE.

## BIJLAGE B: Beschrijving EU-INDEX Project

*Bron: Critical appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU' Final report, January 2005.*

Beschrijving van het project: In dit project is in drie fasen een lijst opgesteld van chemicaliën die relevant zijn voor blootstelling via de binnenlucht. Uiteindelijk zijn voor componenten die als prioriteit naar voren gekomen, aanbevelingen gedaan voor risk management (zie Tabel B.3). De stoffen en het selectieproces zijn weergegeven in tabel B.4.

*Tabel B.3. Aanbevelingen per prioritaire stof*

	<b>Aanbeveling guideline</b>	<b>Management options</b>
<b>High Priority</b>		
Formaldehyde	ALARA	- emissies aan banden leggen uit bouwmaterialen en chemicaliën voor binnenshuis - ontmoedigen van het gebruik van producten met formaldehyde
NO <sub>2</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> 1 week 200 µg/m <sup>3</sup> short term	- conc. guideline gebruiken bij ontwerp proces - ontwikkelen van bouwcodes, ventilatiestandaarden en eisen aan apparatuur zodat alle emissie naar buiten wordt geleid
CO	30 mg/m <sup>3</sup> 1 uur 10 mg/m <sup>3</sup> 8 uur	- concentratie guideline gebruiken bij ontwerp proces - ontwikkelen van bouwcodes, ventilatiestandaarden en eisen aan apparatuur zodat alle emissie naar buiten wordt geleid - regelmatige inspectie eisen - alarmsystemen aanraden die reageren op abnormale concentraties (bv 50 mg/m <sup>3</sup> )
Benzeen	ALARA, in elk geval niet hoger dan buiten	- bronnen van benzeen (bijvoorbeeld rook) niet binnenshuis - benzeen gehalte in bouwmaterialen en consumentenprodukten naar beneden brengen
Naftaleen	10 µg/m <sup>3</sup> (long term)	- gebruik van naftaleen in produkten aan banden leggen (vooral mottenballen)
<b>Low priority</b>		
Aceetaldehyde	Geen	groot verschil tussen blootstelling via inhalatie en concentraties waarbij gezondheidseffecten optreden. Dus geen actie nodig op basis huidige informatie
Xylenen en toluen	Geen	Idem
Styreen	200 µg/m <sup>3</sup> lange termijn	
<b>Verder onderzoek</b>		
Ammoniak	70 µg/m <sup>3</sup> long term 100 µg/m <sup>3</sup> short term	Specifieke opties kunnen niet gedefinieerd worden voordat er meer informatie is over bronnen, blootstelling en effecten.
D Limoneen	Geen Geurdrempel 1-2 mg/m <sup>3</sup>	Idem
A Pineen	Geen	Idem

Tabel B.4: Selectie van prioritaire stoffen in het INDEX project

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Prioriteit
<i>Criteria: Alleen individuele stoffen, met een sterke bron binnenshuis, met een bekend gezondheidseffect *** ook in gez.k advieswaarden 2004 (als individueel component)</i>	<i>Criteria voor uitsluiting: a. Geen bezorgdheid voor gezondheid bij huidige concentraties, b. stof al gereguleerd via bouwmaterialen, c. niet voldoende dosis-respons gegevens, d. binnenlucht niet belangrijkste blootstellingsroute</i>	<i>Verdere uitsluiting op basis van beschikbare gegevens, aangevuld met geurdrempels. Expert judgement in de stuurgroep. Voor deze agentia is een uitgebreide risk assessment gedaan</i>	<i>Op basis van de risk assessment voor de componenten uit fase 3</i>
1 butanol	1 butanol		
2-buthoxyethanol			
2-ethyl-1-hexanol	2-ethyl-1-hexanol		
2-methyl-1-propanol			
3-careen	3-careen		
Acetaldehyde	Acetaldehyde	Acetaldehyde	
Aceton	(a)		
Ammonia	Ammonia	Ammonia	
a-pineen	a-pineen	a-pineen	
Benzaldehyde	Benzaldehyde		
Benzeen ***	Benzeen ***	Benzeen ***	Benzeen ***
Benzo(a)pyreen			
Cadmium	Cadmium		
Koolmonoxide ***	Koolmonoxide ***	Koolmonoxide ***	Koolmonoxide ***
Decaan	(a)		
Dichloormethaan ***	Dichloormethaan ***		
Diisocyanaat	Diisocyanaat		
d-limoneen	d-limoneen	d-limoneen	
Ethylbenzeen ***	(a)		
Formaldehyde ***	Formaldehyde ***	Formaldehyde ***	Formaldehyde ***
Hexaldehyde	Hexaldehyde		
Lood ***	(d)		
M en p xyleen ***	M en p xyleen ***	M en p xyleen ***	
Kwik ***	(d)		
Methyl-ethyl-keton	(c)		
Naftaleen	Naftaleen	Naftaleen	Naftaleen
Stikstofdioxide ***	Stikstofdioxide ***	Stikstofdioxide ***	Stikstofdioxide ***
Nonaan			
O xyleen ***	O xyleen ***	O xyleen ***	
Pentachloorfenol	(b)		
Fenol	(a)		
Propionaldehyde	(c)		
Propylbenzeen	(a)		
Styreen ***	Styreen ***	Styreen ***	
Tetrachloorethyleen ***	Tetrachloorethyleen ***		
Tolueen ***	Tolueen ***	Tolueen ***	
Trichloorethyleen ***	Trichloorethyleen ***		
Trimethylbenzeen	(a)		
Tris-(2chloroethyl)fosfaat <sup>17</sup>	Tris-(2chloroethyl)fosfaat		
Undecaan			

<sup>17</sup> Behoort tot de vlamvertragers. Deze groep verbindingen zal in de toekomst verdere aandacht vereisen. Nu is de verbinding niet in de evaluatiefase terecht gekomen vanwege het ontbreken van betrouwbare data over bronnen, voorkomen in het binnenmilieu, blootstellingsroutes en toxicologische eigenschappen.

## **BIJLAGE C: Onderbouwing gezondheidkundige advieswaarde naftaleen.**

Auteur: P.J.C.M. Janssen

De toxicologie en risicobeoordeling voor naftaleen is beschreven in diverse reviews opgesteld door erkende instanties. De belangrijkste van deze reviews zijn US-EPA (1998), EU-RAR (2003) en ATSDR (2005). De huidige beoordeling gaat uit van de informatie zoals weergegeven in deze brondocumenten.

### *Toxicologie*

Het navolgende is ontleend aan EU-RAR (2003). De kritische toxicologische effecten voor naftaleen zijn hemolytische anemie, lokale effecten op de luchtwegen en carcinogeniteit. Voor hemolytische anemie vormen de gangbare proefdiersoorten (muis, rat, konijn) geen bruikbaar onderzoeksmodel. De hond is mogelijk wel gevoelig maar voor die species zijn de beschikbare gegevens zeer beperkt. Een en ander leidt ertoe dat de dosis-repons voor dit effect geanalyseerd zou moeten worden op basis van humane data. Bij deze humane data gaat het echter om casuïstiek uit de medische literatuur waaruit geen betrouwbare kwantitatieve verbanden zijn af te leiden. Het is bekend dat individuen die deficiënt zijn voor het enzym glucose-6-fosfaat-dehydrogenase verhoogde gevoeligheid hebben voor inductie van hemolytische anemie door naftaleen. Bij sommige van de gerapporteerde casussen heeft dit mogelijk een rol gespeeld. Concluderend stelt het EU-RAR dat, hoewel het duidelijk is dat naftaleen bij dermale, orale en inhalatoire opname hemolytische anemie kan veroorzaken, daarvoor geen adequate NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) beschikbaar is.

Lokale effecten op de luchtwegen zijn waargenomen in een groot aantal inhalatiestudies. In een 90-dagenstudie in ratten werden geringe degeneratieve veranderingen in het neusslijmvlies (maar niet in de longen) nog waargenomen bij de laagste testconcentratie van 2 ppm (10 mg/m<sup>3</sup>). In een 28-dagenstudie werden vergelijkbare effecten gevonden bij 1 ppm (5 mg/m<sup>3</sup>). Bij hogere concentraties was de beschadiging van het neusslijmvlies van ernstiger aard. In een 2-jaarstudie in ratten (gepubliceerd in 2000) waren chronische ontstekingsreacties in het olfactorische en respiratoire epitheel waarneembaar bij alle concentraties van 10 ppm (50 mg/m<sup>3</sup>) en hoger (expositie gedurende 6 uur/dag, 5 dagen/week). De gevonden lesies omvatten ook atrofie, hyperplasie en metaplasie. De mate en ernst van de effecten waren duidelijk dosis-afhankelijk.

Carcinogeniteitsdata voor de mens zijn beperkt. Met proefdieren zijn diverse studies uitgevoerd. In de meest bruikbare studie waren de incidenties van respiratoire epitheliumadenomen en olfactorische epitheliumneuroblastomen (een zeldzaam tumortype) verhoogd, zelfs bij de laagste testconcentratie van 10 ppm (50 mg/m<sup>3</sup>). In een verdere studie was bij vrouwelijke muizen de frequentie van goedaardige longtumoren (alveolaire/bronchiolaire adenomen) verhoogd. De beschikbare genotoxiciteitsdata voor naftaleen wijzen op afwezigheid van genotoxische activiteit. De conclusie luidde daarom dat de waargenomen tumoren waarschijnlijk ontstaan via een niet-genotoxisch mechanisme. Wellicht is de tumorvorming gerelateerd aan de lokale toxische effecten in de long (EU-RAR, 2003).

*Bestaande grenswaarden voor naftaleen*

Het RIVM heeft voorheen voor naftaleen geen chronische grenswaarde voor lucht (TCL) afgeleid.

In de EU-RAR (2003) wordt een overall-LOAEL afgeleid op basis van de lokale toxische werking in de neus. Deze LOAEL bedraagt  $5 \text{ mg/m}^3$  en stamt uit een 28-dagenstudie in ratten met expositie gedurende 6 uur/dag, 5 dagen per week. Gebruik van deze LOAEL in de risicobeoordeling wordt geacht voldoende bescherming te bieden tegen de carcinogene werking zoals waargenomen in het chronische inhalatie-experiment in ratten. In de methode van EU-RAR (2003) worden geen grenswaarden afgeleid; de risicobeoordeling vindt plaats aan de hand van zogenaamde margins of safety.

US-EPA (1998) leidde een chronische grenswaarde voor lucht (RfC) af van  $0,003 \text{ mg/m}^3$  op basis van een chronische LOAEL van 10 ppm ( $50 \text{ mg/m}^3$ ) afkomstig uit een 2-jaarsstudie in de muis. Dit niveau werd vertaald naar een Human Equivalent Concentration (HEC) van  $9.3 \text{ mg/m}^3$  en vervolgens gedeeld door een onzekerheidsfactor van 3000 (10 voor extrapolatie van muis naar mens, 10 voor bescherming gevoelige groepen, 10 voor extrapolatie van een LOAEL naar een NOAEL, en 3 voor hiaten in de database, inclusief het ontbreken van een 2-generatie reproductiestudie en chronische inhalatiedata voor andere diersoorten dan de muis).

ATSDR (2005) leidde een chronische grenswaarde voor lucht (MRLchronisch) af van 0,0007 ppm ( $0,0035 \text{ mg/m}^3$ ) op basis van een chronische LOAEL van 10 ppm ( $50 \text{ mg/m}^3$ ) uit chronische studies in rat en muis (dit zijn dezelfde studies als gebruikt door respectievelijk US-EPA en EU-RAR). De LOAEL werd geëxtrapoleerd naar een HEC van 0,2 ppm ( $1 \text{ mg/m}^3$ ) en vervolgens gedeeld door een onzekerheidsfactor van 300 (10 voor het gebruik van een LOAEL, 3 for extrapolatie van proefdier naar mens, en 10 voor variabiliteit in de humane populatie).

*Evaluatie en conclusie*

Voor de afleiding van grenswaarde is lokale toxische werking op de neusslijmvlies het kritische effect. Bij de LOAEL van  $5 \text{ mg/m}^3$  was dit effect nog in geringe mate aanwezig. Overall is het beeld dat deze LOAEL het begin van de dosis-responscurve markeert en dat zodoende voor extrapolatie naar een NOAEL slechts een beperkte extrapolatiefactor in rekening gebracht hoeft te worden. Hiervoor kiezen we een factor 2, leidend tot een geschatte NOAEL van  $2,5 \text{ mg/m}^3$ . Gezien de aard van het effect van lokale epitheelbeschadiging achten we toepassing van de gebruikelijke tijdsextrapolatie voor het beperkte expositieregime in het experiment (omrekening van de 30 uur/week expositie uit het experiment naar continue expositie) niet geïndiceerd. Dergelijke effecten zijn namelijk vooral concentratie-gedreven en veel minder tijd-gedreven. De LOAEL is mede gebaseerd op chronisch onderzoek en daarom is extrapolatie voor beperkte duur van het experiment (subacuut) niet noodzakelijk. Met gebruik van de standaard-onzekerheidsfactor van 100 (10 voor extrapolatie van proefdier naar mens, 10 voor bescherming gevoelige groepen) op de geschatte NOAEL van  $2.5 \text{ mg/m}^3$  resulteert vervolgens een grenswaarde (TCL) van  $0,025 \text{ mg/m}^3$ .

Naftaleen heeft een sterke geur. RIVM (1994) geeft een geurdrempel voor lucht van  $0,05 \text{ mg/m}^3$ . ATSDR daarentegen geeft een hogere waarde van  $0,44 \text{ mg/m}^3$ . Een



kritische analyse van geurdata voor naftaleen valt buiten het bestek van dit advies. Wel kan nog worden opgemerkt dat hoewel de afgeleide TCL beneden de gerapporteerde geurdrempels ligt, gezien de grote variabiliteit in geurwaarneming over de humane populatie, waarneming van geur en zelfs enige geurhinder bij de TCL niet op voorhand uit te sluiten valt.



## BIJLAGE D: Definitie achtergrondwaarden

*Deze bijlage geeft de uitgangspunten die de begeleidingscommissie in 2006 heeft vastgesteld voor het definiëren van achtergrondwaarden. Uiteindelijk konden de achtergrondwaarden niet worden vastgesteld, omdat de meetgegevens uit het onderzoek in 1240 woningen zich voor dat doel niet bleken te lenen.*

### *'Onbelaste' woningen*

Bij het definiëren van een achtergrondwaarde was het uitgangspunt dat de woningen onbelast moeten zijn. Met andere woorden: de concentratie van een bepaald agens die als achtergrond wordt bestempeld dient afkomstig te zijn uit een woning die niet hoog is blootgesteld aan dit agens. Voor de hand liggende situaties waarin concentraties van een aantal agentia hoger zou kunnen liggen zijn de stedelijkheid van het gebied en de grootte van de dichtstbijzijnde weg. Deze factoren zijn als volgt gecategoriseerd in het VROM-onderzoek (zie Tabel B.5 en B.6).

*Tabel B.5. Definitie van stedelijkheid (Bron: VROM-onderzoek)*

Categorie	Aantal inwoners
1	< 30.000
2	30.000-100.000
3	> 100.000
4 Grote steden	Amsterdam, Rotterdam, Utrecht, Den Haag

*Tabel B.6. Definitie van nabijgelegen weg (Bron: VROM-onderzoek)*

Categorie	Type weg
1	auto(snel)weg
2	stedelijke hoofdweg
3	wijkontsluitingsweg
4	buurtontsluitingsweg
5	verblijfsweg

Ook binnen de woning kunnen bronnen zijn waardoor de woning 'belast' is, zoals roken in de woning, het koken op gas en/of de aanwezigheid van een afvoerloze geiser en de aanwezigheid van huisdieren.

Bij het vaststellen van de achtergrondwaarden dient rekening gehouden te worden met bovengenoemde factoren. Voor de agentia waar de concentraties niet verschillen tussen de verschillende groepen (bijvoorbeeld woningen in een kleine gemeente of een grote stad), kan de waarde over alle woningen als achtergrondwaarde dienen. Indien er wel een verschil is, zoals roken bijvoorbeeld een effect heeft op de concentratie formaldehyde, wordt de achtergrondwaarde gebaseerd op de woningen zonder rokers. In Tabel B.7 is weergegeven voor welke factoren in het VROM-onderzoek een verschil te zien is in de gemiddelde concentraties.

### *Ruimte*

De woonkamer wordt als uitgangspunt genomen. Dit heeft een aantal redenen:

- Er wordt veel tijd in de woonkamer doorgebracht;

- De woonkamer is in het algemeen minder belast dan de keuken;
- In alle woningen is ook standaard in de woonkamer gemeten, in tegenstelling tot keuken en slaapkamer.

*'Afkapwaarden'*

De achtergrondwaarden worden gegeven als drie verschillende percentielen: het P5, P50 en P95. P5 wil zeggen dat 5 % van de woningen onder deze concentratie blijft. Voor deze manier is gekozen omdat het meer inzicht geeft in de spreiding van gemeten waarden dan alleen een gemiddelde.

*Tabel B.7: Significante resultaten bij het vergelijken van de concentratie agentia naar beïnvloedende factoren (Bron: VROM-onderzoek)*

<b>Factor/variabele</b>	<b>Heeft significante invloed op</b>
Stedelijkheid	NO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>
Wegtype	1,2,3,-trimethylbenzeen, 1,4,-dichloorbenzeen, styreen
Roken	Benzeen, formaldehyde, hexaan, NO <sub>2</sub> (woonkamer)
Huisdieren	DerF1
Afvoerloze geiser/koken op gas	NO <sub>2</sub>

**BIJLAGE E: Meetwaarden in Nederland vanaf 1995, in de wetenschappelijke literatuur**

Agens	Concentratie in NL Woningen (mediaan + range) <sup>18</sup>	Opmerkingen	Plaats	Aantal huizen	dagen	Seizoen	Referentie
<b>Chemische agentia</b>							
1,1,1,-Trichloorethaan	Geen meetgegevens <sup>19</sup>						
1,2-Dichloorethaan	Geen meetgegevens						
1,2-Dichloorpropaan	Geen meetgegevens						
1,4-Dichloorbenzeen	Geen meetgegevens						
Alkanen: Som van pentaan, heptaan, octaan	Geen meetgegevens						
Alkanen; Hogere alkanen (nonaan en hoger)	Geen meetgegevens						
Alkylbenzenen <sup>20</sup> :	Geen meetgegevens						
Alkyldimethylbenzyl-ammoniumchloride	Geen meetgegevens						
Asbest	Geen meetgegevens						
Benzeen	6,3 (1,5 - 10,5) µg/m <sup>3</sup> 7,3 (2,2 – 18,8) µg/m <sup>3</sup>	Lage verkeersintensiteit, geen rokers Hoge verkeersintensiteit, geen rokers	Amsterdam Amsterdam	18 18	19 19	Winter 95 Winter 95	Fischer e.a., 2000 Fischer e.a., 2000
Chloorbenzeen	Geen meetgegevens						
Chloorpyrifos	Geen meetgegevens						
Cyclohexaan	Geen meetgegevens						
Dichloormethaan	Geen meetgegevens						
Didecyldimethyl-	Geen meetgegevens						

<sup>18</sup> Tenzij anders vermeld<sup>19</sup> Met 'geen meetgegevens' wordt in deze tabel bedoeld: Geen meetgegevens gevonden in de wetenschappelijke literatuur 1995-mei 2007, in Nederlandse woningen<sup>20</sup> Som van Isopropylbenzeen, Trimethylbenzeen, Methylethylbenzeen, n-Propylbenzeen, n-butylbenzeen Zie verder toluen, xyleen, ethylbenzeen, HABS

Agens	Concentratie in NL Woningen (mediaan + range) <sup>18</sup>	Opmerkingen	Plaats	Aantal huizen	dagen	Seizoen	Referentie
ammoniumchloride							
Ethylbenzeen	Geen meetgegevens						
Fijn stof (PM <sub>10</sub> )	34,4 (18,6-65) 21 (9 – 33) µg/m <sup>3</sup> 28 (16 – 87) µg/m <sup>3</sup>	Diverse wegen, geen rokers Lage verkeersintensiteit, geen rokers Hoge verkeersintensiteit, geen rokers	Amsterdam Amsterdam Amsterdam	36 18 18	4 a 9 19 19	Winter 94 Winter 95 Winter 95	Janssen e.a., 1998 Fischer e.a., 2000 Fischer e.a., 2000
PM <sub>2,5</sub>	12 (4 - 23) µg/m <sup>3</sup> 18 (10-78) µg/m <sup>3</sup> 14,1 (3,9-442)	Lage verkeersintensiteit, geen rokers Hoge verkeersintensiteit, geen rokers	Amsterdam Amsterdam Amsterdam	18 18 35	19 19 6	Winter 95 Winter 95 Winter 98/voorjaar 99	Fischer e.a., 2000 Fischer e.a., 2000 Janssen e.a., 2005
Formaldehyde	Geen meetgegevens						
Foxim	Geen meetgegevens						
HABS <sup>21</sup>	Geen meetgegevens						
Hexaan	Geen meetgegevens						
Kooldioxide (CO <sub>2</sub> )	654 ppm (gem, sd 164 ) 906 ppm (gem, sd 281) 671 ppm (gem, sd 201 ) 743 ppm (gem, sd 193)	Metingen in de keuken, gas Idem, tijdens koken Metingen in de keuken, electrisch Idem, tijdens koken	Diverse Diverse	50 19	7 7	Winter 03/04 Winter 03/04	Willers e.a.,2006 Willers e.a.,2006
Koolmonoxide (CO)	0,50 ppm (gem, sd 1,2) 0,67 ppm (gem, sd 1,3) 0,03 ppm (gem, sd 0,08) 0,01 ppm (gem, sd 0,06)	Metingen in de keuken, gas Idem, tijdens koken Metingen in de keuken, electrisch Idem, tijdens koken	Diverse Diverse	52 20	7 7	Winter 03/04 Winter 03/04	Willers e.a.,2006 Willers e.a.,2006
Kwikdamp	Geen meetgegevens						
Lood	Geen meetgegevens						
Minerale vezels	Geen meetgegevens						
Naftaleen	Geen meetgegevens						
Ozon	Geen meetgegevens						
PAK (BaP)	0,16 (0,03-0,30) ng/m <sup>3</sup>	Lage verkeersintensiteit, geen rokers	Amsterdam	18	19	Winter 95	Fischer e.a., 2000

<sup>21</sup> HBAS: *High-Boiling Aromatic Solvents*. Dit is een groep van aardolie afgeleide oplosmiddelen waarin hoge concentraties alkylbenzenen voorkomen (vooral methylethylbenzenen en trimethylbenzenen).

Agens	Concentratie in NL Woningen (mediaan + range) <sup>18</sup>	Opmerkingen	Plaats	Aantal huizen	dagen	Seizoen	Referentie
	0,38 (0,15-1,12) ng/m <sup>3</sup>	Hoge verkeersintensiteit, geen rokers	Amsterdam	18	19	Winter 95	Fischer e.a., 2000
Propoxur	Geen meetgegevens						
Stikstofdioxide (NO <sub>2</sub> )	26,6 (sd 2,04 ) 22,41 (sd 2,48 )	Metingen in de keuken, gas Metingen in de keuken, electrisch	Diverse Diverse	49 19	7 7	Winter 03/04 Winter 03/04	Willers e.a.,2006 Willers e.a.,2006
Styreen	Geen meetgegevens						
Tetrachlooretheen (per)	Geen meetgegevens						
Tetramethrin	Geen meetgegevens						
Trichlorobenzeen	Geen meetgegevens						
Tolueen	Geen meetgegevens						
Trichlooretheen (tri)	Geen meetgegevens						
Trichlorofon	Geen meetgegevens						
Trichloormethaan (chloroform)	Geen meetgegevens						
VOC (Som)	8,7 (2,1 – 17,5) ppb 15,7 (4,5-19,9) ppb	Lage verkeersintensiteit, geen rokers Hoge verkeersintensiteit, geen rokers	Amsterdam Amsterdam	18 18	19 19	Winter 95 Winter 95	Fischer e.a 2000 Fischer e.a. 2000
Xyleen	Geen meetgegevens						
Zwavel dioxide (SO <sub>2</sub> )	Geen meetgegevens						
<b>Fysische agentia</b>							
Geluid <sup>22</sup>	Geen meetgegevens						
NIS	Geen meetgegevens						
Radon	28 Bq/m <sup>3</sup> 46 Bq/m <sup>3</sup>	Random steekproef, huizen met bouwjaar 1985 en 1993 Huizen als 'controle' voor Visé, laag tov Visé, verwachting; hoger dan in rest van NL.	Diverse Eijsden	1500 42	Jaar 24 h	1998 Maart 1993	Lembrechts e.a. 2001 Albering e.a. 1996
Temperatuur	Geen meetgegevens						
Ventilatie	Geen meetgegevens						

<sup>22</sup> Dag: (16 uur), respectievelijk nacht (8 uur)

Agens	Concentratie in NL Woningen (mediaan + range) <sup>18</sup>	Opmerkingen	Plaats	Aantal huizen	dagen	Seizoen	Referentie
Ventilatievoud	Geen meetgegevens						
Vocht	8,11 g/m <sup>3</sup> (gem, sd 1,2) 8,88 g/m <sup>3</sup> (gem, sd 1,5) 8,10 g/m <sup>3</sup> (gem, sd 1) 8,59 g/m <sup>3</sup> (sd 0,89)	Metingen in de keuken, gas Idem, tijdens koken Metingen in de keuken, electrisch Idem, tijdens koken	Diverse Diverse	52 20	7 7	Winter 03/04 Winter 03/04	Willers e.a.2006 Willers e.a.2006
Schimmels	Geen meetgegevens	<i>Glucanen (en EPS) geven een redelijke indicatie van schimmelgroei (Chew, 2001)</i>					
β(1→3)-glucanen	612 µg/g stof (GM, GSD 5.1)	Kinderen zonder symptomen, woonkamer	Amsterdam	65	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a.. 2000
	126 µg/m <sup>2</sup> (GM, GSD 5.6) 563 µg/g stof (GM, GSD 6.1)	Idem Kinderen zonder symptomen, slaapkamer	Amsterdam	69	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a.. 2000
	184 µg /m <sup>2</sup> (GM, GSD 7.9) 718 µg/g stof (GM, GSD 6.1)	Idem Kinderen zonder symptomen, matras	Amsterdam	71	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a.. 2000
	276 µg /m <sup>2</sup> (GM, GSD 7.9) 2959 (GSD 1.94) µg/g matrasstof	Idem Kinderen zonder symptomen	5 landen <sup>23</sup>	441	Nvt	?	Schram-Bijkerk 2005
	1500 µg/g stof	Matras (Onderdeel van de PIAMA studie)	Diverse	347	Nvt	Jan 02-Mei 03	Giovannangelo e.a. 2007a
	2000 µg/g stof	Woonkamer (Onderdeel van de PIAMA studie)	Diverse	347	Nvt	Jan 02-Mei 03	Giovannangelo e.a. 2007a
Schimmelallergenen	Geen meetgegevens						
Mycotoxinen	Geen meetgegevens						
Microbiële VOC's	Geen meetgegevens						
Bacteriën	Geen meetgegevens						

<sup>23</sup> Nederland, Zweden, Zwitserland, Duitsland, Oostenrijk



Agens	Concentratie in NL Woningen (mediaan + range) 24	Opmerkingen	Plaats	Aantal huizen	dagen	Seizoen	Referentie
Endotoxinen	10 915 EU/g stof (GM, GSD 3.3) <sup>25</sup>	Kinderen zonder symptomen, woonkamer	Amsterdam	68	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a., 2000
	2 082 EU/ m <sup>2</sup> (GM, GSD 4.4)	Idem					
	9 559 EU/g stof (GM, GSD 3.3)	Kinderen zonder symptomen, slaapkamer	Amsterdam	70	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a., 2000
	2 683 EU/ m <sup>2</sup> (GM, GSD 6.7)	Idem					
	4 772 EU/g stof (GM, GSD 2.8)	Kinderen zonder symptomen, matras	Amsterdam	69	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a., 2000
1 820 EU/m <sup>2</sup> (GM, GSD 3.6)	Idem						
26,489 EU/g matrasstof	GM	5 landen <sup>26</sup>	441	Nvt	?	Schram-Bijkerk 2005	
Peptidoglycanen	Geen meetgegevens						
Huisstofmijt-allergenen (Der-f en Der-p)	Der-p1: 149 ng/g stof (GM, GSD 6.2)	Kinderen zonder symptomen, woonkamer	Amsterdam	26	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a., 2000
	Der-p1: 35 ng/m <sup>2</sup> (GM, GSD 7.6)	Idem					
	Der-p1: 336 ng/g stof (GM, GSD 9.0)	Kinderen zonder symptomen, slaapkamer	Amsterdam	39	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a., 2000
	Der-p1: 117 ng/m <sup>2</sup> (GM, GSD 14.6)	Idem					
	Der-p1: 1,440 ng/g stof (GM, GSD 6.1)	Kinderen zonder symptomen, matras	Amsterdam	64	Nvt	Winter 93/94	Douwes e.a., 2000
Der-p1: 537 ng/m <sup>2</sup> (GM, GSD 6.1)	Idem						
Der-p1: ~ 1-2 µg/g matrasstof	Varierend per matrassoort en hoes	?	150	Nvt	?	Vd Bemt e.a. , 2006	

<sup>24</sup> Tenzij anders vermeld<sup>25</sup> EU= Endotoxinen Units<sup>26</sup> Nederland, Zweden, Zwitserland, Duitsland, Oostenrijk

Huisstofmijt- allergenen (Der-f en Der-p)	Der-p1: 132 ng/m <sup>2</sup> matras	Niet allergische ouders, matras ouders	Diverse	427	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Der-p1: 76 ng/m <sup>2</sup> matras	Allergische ouders, matras ouders	Diverse	121	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Der-p1: 74 ng/m <sup>2</sup> matras	Niet allergische ouders, matras kind	Diverse	418	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Der-p1: 74 ng/m <sup>2</sup> matras	Allergische ouders, matras kind	Diverse	121	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Der-fl: 88 ng/m <sup>2</sup> matras	Niet allergische ouders, matras ouders	Diverse	427	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Der-fl: 91 ng/m <sup>2</sup> matras	Allergische ouders, matras ouders	Diverse	121	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Der-fl: 57 ng/m <sup>2</sup> matras	Niet allergische ouders, matras kind	Diverse	418	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Der-fl: 74 ng/m <sup>2</sup> matras	Allergische ouders, matras kind	Diverse	121	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
Huisdierallergenen	Fel d1: 64 mU/m <sup>2</sup> matras	Niet allergische ouders, matras ouders	Diverse	427	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Fel d1: 24 mU/m <sup>2</sup> matras	Allergische ouders, matras ouders	Diverse	121		Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Fel d1: 65 mU/m <sup>2</sup> matras	Niet allergische ouders, matras kind	Diverse	418		Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Fel d1: 47 mU/m <sup>2</sup> matras	Allergische ouders, matras kind	Diverse	121		Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Can fl: 111 ng/ m <sup>2</sup> matras	Niet allergische ouders, matras ouders	Diverse	427	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Can fl: 88 ng/ m <sup>2</sup> matras	Allergische ouders, matras ouders	Diverse	121		Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Can fl: 185 ng/ m <sup>2</sup> matras	Niet allergische ouders, matras kind	Diverse	418	Nvt	Diverse seizoenen	Van Strien e.a., 2002
	Can fl: 185 ng/ m <sup>2</sup> matras	Allergische ouders, matras kind		121			Van Strien e.a., 2002
		<i>Voor correlatie in de tijd binnen- en tussen huizen van huisdier en miltallergenen, zie Antens e.a. 2006</i>					Antens e.a., 2006

## BIJLAGE F: Meetmethoden biologische agentia

De vergelijking tussen de concentraties biologische agentia, gerapporteerd in diverse studies, is lastig vanwege:

- verschillende monsternamemethoden, bijvoorbeeld verschillen in gemonsterd oppervlak (grootte, type vloer/matras/woonkamer/slaapkamer), monsternametijd, monsternamekop, type stofzuiger;
- verschillende extractiemethoden;
- verschillende analysemethoden.

Om een idee te krijgen is hieronder voor de onderzoeken, genoemd in Bijlage D, kort de onderzoeksmethode weergegeven.

*Van de Bemt et al., 2006*

Stofmonsters verzameld met een stofzuiger. Volledige bovenzijde matras bemonsterd met een intensiteit van 2 min/m<sup>2</sup>. Analyse: 10 % (w/v) extractie in 0,01 mol/l NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> (overnacht rotatie bij 4 graden). Detectie Derp1 in de vloeistof met ELISA<sup>27</sup>.

*Douwes et al., 2000*

Huisstof monsters verzameld op 1 m<sup>2</sup> volgens gestandaardiseerd protocol, matrassen volledige bovenzijde, met een stofzuiger uitgerust met een monsternamekop van het merk ALK<sup>28</sup>. Analyse: extractie met pyrogeenvrij gedestilleerd water met 0,05 % Tween. Endotoxinen gemeten met LAL test, glucanen en Der p met inhibitie EIA (enzyme immuno assay). Omdat Tween niet de gebruikelijke oplossing is, is voor Der p vergeleken met extractie in een buffer (PBS) zonder Tween. Met Tween 50 % lagere opbrengst. De auteurs merken op dat tot op heden het niet duidelijk is of concentraties uitgedrukt per gram stof of concentraties uitgedrukt per vierkante meter de werkelijke blootstelling beter weergeven. Daarom worden concentraties vaak zowel per gram stof en per vierkante meter gerapporteerd.

*Giovannangelo et al., 2007a*

Huisstof en matrasstof verzameld door onderzoekers met behulp van een stofzuiger met 'sok' (voor vergelijking met ALK: zie Schram-Bijkerk e.a., 2006). Het hele oppervlak van het matras is bemonsterd door 2 minuten stofzuigen. Van de vloer is 1 m<sup>2</sup> bemonsterd bij tapijten groter dan 4 m<sup>2</sup>, of 2 m<sup>2</sup> van een gladde vloer (indien geen groot tapijt aanwezig). Glasvezel filters bewaard in gesloten buizen van polypropyleen, bij -20 graden C. Extractie: zie Schram-Bijkerk et al., 2005.

---

<sup>27</sup> ELISA en EIA in principe vergelijkbaar, maar in verschillende studies en/of tussen verschillende labs worden andere standaarden gebruikt (referentiemonster waartegen de concentratie wordt afgezet). Deze standaarden moeten vergeleken zijn voordat de resultaten met elkaar vergeleken kunnen worden. Zeker tussen verschillende labs, waar diverse reagentia kunnen worden gebruikt.

<sup>28</sup> ALK (monstername door veldwerkers) en 'sokken' (door deelnemers zelf) vergeleken: allebei goede methoden, de gemeten waarden correleerden goed met elkaar, maar absolute concentraties van biologische agentia zijn niet (altijd) vergelijkbaar tussen studies, ook niet als het wordt uitgedrukt per gram stof. (Schram et al., 2006)

*Schram-Bijkerk et al., 2005*

Huisstof en matrasstof door bewoners verzameld met eigen stofzuiger met daarin een nylon 'sok' om het stof op te vangen. Deze sokken<sup>28</sup> en een instructie voor het stofzuigen (middels foto's) werden per post verstuurd. Volledige bovenzijde matras en een vierkante meter in de woonkamer. Extractie van endotoxine met Tween-20 in pyrogeenvrij gedestilleerd water, 1 uur bij kamertemperatuur. Vervolgens met phosphate buffered saline oplossing (PBS)-0,045 % Tween 20 voor allergenen. Nogmaals 1 uur. Daarna nog extractie van glucanen, middels verhitting.

*Van Strien et al., 2002*

Volledige bovenzijde van de matras bemonsterd met een Rowenta Dymbo stofzuiger gedurende 2 minuten, 1200 Watt, met een ALK filterhouder. Extractie: PBS, 2 uur lang. Bepaling met specifieke EIA's<sup>27</sup>. De auteurs merken op dat een directe vergelijking met concentraties gemeten in andere studies tamelijk moeilijk is doordat bijvoorbeeld de leeftijd van de kinderen (en daarmee de matrassen) verschilt tussen studies, en ook zijn er verschillen tussen de manier van stof verzamelen en de analyse van de monsters.