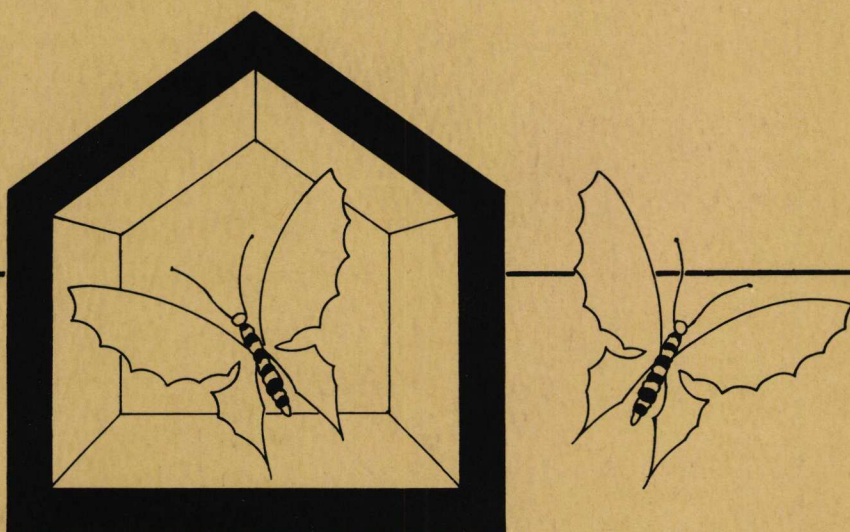


GEZONDHEIDSKUNDIGE ASPECTEN EN KWALITEIT VAN HET BINNENMILIEU - vooronderzoek -

J.E.F. van Dongen, J.F.L. Gerbrandy,
R.G. de Jong, R.W. Lanting,
M.J. Leupen, G. de Mik.



Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg

NIPG-TNO

Leiden

SC

D 63 (2)

SC
D 63 (2)

GEZONDHEIDSKUNDIGE ASPECTEN EN KWALITEIT VAN HET BINNENMILIEU

- vooronderzoek -

IBISSTAMBOEKNUMMER

5540

J.E.F. van Dongen, J.F.L. Gerbrandy,
R.G. de Jong, R.W. Lanting,
M.J. Leupen, G. de Mik.

Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg

NIPG-TNO

Leiden

augustus 1989
BIBLIOTHEEK NEDERLANDS INSTITUUT VOOR
PRAEVENTIEVE GEZONDHEIDSZORG TNO

05 MRT 1993

POSTBUS 124, 2300 AC LEIDEN

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Wassenaarseweg 56 Leiden

Postadres:
Postbus 124
2300 AC Leiden

Telefoon: 071 - 178888

Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van f 26,50
(incl. BTW) op postrekening 20.22.77 van het NIPG-TNO te Leiden
onder vermelding van bestelnummer 89003.

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Van Dongen, J.E.F.

Gezondheidskundige aspecten en kwaliteit van het binnenmilieu :
vooronderzoek / J.E.F. van Dongen... [et al.] - Leiden : Neder-
lands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO
ISBN 90-6743-148-6
SISO 614.66 UDC 628.85:728.1
Trefw.: binnenmilieu ; onderzoek

© 1988 Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg
TNO
Publicatienummer 89003

Voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever met
betrekking tot de inhoud van dit rapport wordt verwezen naar de
Algemene Voorwaarden van TNO
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvuldigd, openbaar
gemaakt, en/of verspreid door middel van druk, fotocopie, micro-
film of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke
toestemming van het NIPG-TNO

BIBLIOTHEEK NEDERLANDS INSTITUUT VOOR
PRAEVENTIEVE GEZONDHEIDSZORG TNO
02 APR 1988
POSTBUS 124 2300 AC LEIDEN

De heren Gerbrandy en De Mik zijn werkzaam op het Medisch Biologisch Laboratorium (MBL-TNO) - Rijswijk Z.H.

De heren Lanting en Leupen zijn werkzaam bij de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie (MT-TNO) - Delft.

VOORWOORD

SAMENVATTING	i
1. INLEIDING.	1
1.1 Achtergronden	1
1.2 Doelstelling	2
1.3 Uitgangskader	3
1.3.1 Risicoschatting	5
1.3.2 Het onderzoeksmodel	8
1.3.3 De informatieset en rangordening	21
1.4 Uitvoering van het onderzoek	24
2. CHEMISCHE AGENTIA	25
2.1 Inleiding	25
2.2 Chemische agentia in het binnenmilieu	25
2.3 Bronnen en broncategorieën van chemische agentia	33
2.4 Gemeten concentraties in woningen	35
2.5 Beïnvloeding van de concentratie respectievelijk blootstelling	36
2.6 Indeling van chemische agentia naar effect	38
2.7 Risicoschatting chemische agentia	40
3. BIOLOGISCHE AGENTIA	41
3.1 Inleiding	41
3.2 Biologische agentia in het binnenmilieu	42
3.3 Bronnen van biologische agentia	44
3.4 Gevonden concentraties in woningen	45
3.5 Beïnvloeding van concentraties respectievelijk blootstelling	46
3.6 Effecten van biologische agentia	46
3.7 Indeling van biologische agentia naar effecten of werkingsmechanisme	48
3.8 Samenvattende matrix	51
3.9 Rangschikking naar schadelijkheid van biologische agentia	52
3.9.1 Rangschikking vanuit de blootstelling	52
3.9.2 Rangschikking vanuit de effecten	58
3.10 Risicoschatting biologische agentia	60
4. FYSISCH AGENTIA	64
4.1 Inleiding	64
4.2 Fysische agentia in het binnenmilieu	65
4.3 Effecten van fysische agentia	68
4.4 Rangschikking vanuit de blootstelling	72

4.5 Rangschikking en groepering naar effecten . . .	74
4.6 Rangordening ten behoeve van prioriteitstelling	77

LITERATUUR	79
----------------------	----

BIJLAGEN

1. Informatieset per agens/stimulus	83
2. Voorbeeld informatieset: 1,4-dichloorbenzeen. . . .	85
3. Voorbeeld informatieset: dierlijke huidschilfers(-aller- geen)	97

VOORWOORD

Uit de maatschappij komen signalen over problemen met het binnenmilieu, zowel in woningen als in utiliteitsgebouwen. In het Nationaal Milieubeleidsplan wordt erop gewezen dat deze problemen bij ongewijzigd beleid zullen toenemen, terwijl als doelstelling voor het beleid is gekozen, dat tegen het jaar 2000 voor alle mensen in Europa woningen beschikbaar dienen te zijn met een gezond en veilig leefmilieu, zoals in het WHO document "Health for all by the year 2000" is verwoord. Tegen deze achtergrond kwam in 1986 de Notitie Binnenmilieu tot stand. Hierin is een beschrijving gegeven van de aanwezige kennis over de binnenmilieuproblemen. Hieruit kwam naar voren dat in feite een systeem ontbrak om op basis van gezondheidscriteria prioriteiten in beleids- en aandachtsgebieden te kunnen vaststellen.

In opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer heeft TNO in de onderhavige kaderstellende voorstudie een raamwerk voor een dergelijk systeem ontwikkeld. Het is met nadruk een raamwerk, dus nog niet operationeel. Het raamwerk biedt, vanuit gezondheidskundige invalshoek, een systeem van indicatoren en een methodische techniek die het mogelijk maken agentia te selecteren en te rangordenen naar risico. De bruikbaarheid van het raamwerk is met enkele uitgewerkte voorbeelden aangetoond. Het operationele stadium wordt bereikt door in een nog uit te voeren hoofdonderzoek daadwerkelijk te komen tot een selectie en rangordening van agentia. Op grond daarvan kunnen prioriteiten voor het beleid en te verrichten onderzoek inzake de kwaliteit van het binnenmilieu gesteld worden, waardoor de beleidsdoelstelling meer gericht kan worden nagestreefd.

dr C.L. Ekkers
onderdirecteur

SAMENVATTING

De doelstelling van deze voorstudie was 'om vanuit een gezondheidskundige invalshoek een systeem van indicatoren en een methodische techniek te ontwikkelen die het, na invulling in een hierop volgend hoofdonderzoek, mogelijk maken prioriteiten voor het beleid en te verrichten onderzoek inzake de kwaliteit van het binnenmilieu te stellen'.

Er wordt gesproken over een systeem van indicatoren. In concreto heeft dat zijn neerslag gevonden in bijlage 1: de informatieset. Het andere element is de 'methodische techniek'. Deze is ontwikkeld ten behoeve van de voorselectie van chemische en biologische agentia en de rangorde naar risico. In verband met het relatief geringe aantal is deze voorselectie niet nodig bij de fysische agentia. Wel blijft de rangordening naar risico nodig.

De inhoud van het rapport is in het kort als volgt. Het genoemde systeem van indicatoren is eerst als theoretisch model ontwikkeld in hoofdstuk 1. In schema wordt dit model weergegeven in paragraaf 1.3.2. In dit schema wordt aangegeven welke hoofdelementen een rol spelen bij het schatten van de omvang en de ernst van de binnenmilieuproblemen. In het eerste hoofdstuk worden die hoofdelementen verder beschreven. In de volgende hoofdstukken wordt vooral de methodiek uitgewerkt die bruikbaar is om tot een selectie, risicoschatting en op grond daarvan tot een prioriteitsstelling te komen. Dit gebeurt per hoofdgroep agentia (chemisch, biologisch, fysisch).

In hoofdstuk 2 wordt een scoringsprocedure ontwikkeld om te komen tot een (voor)selectie van de chemische agentia. Deze scoringsprocedure is gebaseerd op:

- de mate van voorkomen;

- de aard van de blootstelling (het tijds patroon);
- de kans op effecten (geschat door gemeten concentratieniveaus te vergelijken met bestaande normen).

In hoofdstuk 3 gebeurt ditzelfde voor de biologische agentia. Na een inleiding die kort en bondig aangeeft waarover men praat als men het heeft over biologische agentia en de effecten die zij kunnen veroorzaken, wordt ook hier een scoringsprocedure uiteengezet die, door de verschillen die er nu eenmaal zijn met chemische agentia, iets anders is opgebouwd.

In hoofdstuk 4 komen de fysische agentia aan bod, waarbinnen, zoals al gesteld is, geen voorselectie meer nodig is. Wel is daar uiteraard ook een scoringsprocedure ontwikkeld, die nodig is voor de risicoschatting.

Tot dan gaat het om een theoretische exercitie. Het opstellen van een model en het uitwerken daarvan. Vervolgens het uitwerken van een methodische (scorings)techniek. In de bijlagen 2 en 3 zijn twee praktische voorbeelden uitgewerkt. Eén met betrekking tot het chemische agens paradichloorbenzeen (veel voorkomend in mottenballen en toiletblokjes) en één met betrekking tot het biologische agens dierlijke huidschilfers. Deze voorbeelden geven in feite het meest concreet inzicht in wat er uit het uit te voeren hoofdonderzoek verwacht mag worden. In dit hoofdonderzoek kan na een selectie van de meest saillante agentia per agens (of wellicht per bron) een soort 'mini criteria-document' worden opgesteld.

1 INLEIDING

1.1 Achtergronden

Als gevolg van signalen van bewoners van woningen en gebruikers van gebouwen en van bevindingen uit onderzoek is de overheid van mening dat een beleid met betrekking tot het binnenmilieu noodzakelijk is. Dit is onder andere tot uitdrukking gekomen in de Notitie Binnenmilieu, waarin als centrale doelstelling van het overheidsbeleid inzake het binnenmilieu het volgende is geformuleerd: het bevorderen c.q. handhaven van de kwaliteit van het binnenmilieu, in het bijzonder van woningen [1]. Daarnaast is in het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP-VROM) gesignaleerd dat bij ongewijzigd beleid de problemen met betrekking tot het binnenmilieu zullen toenemen [2].

In de Notitie Binnenmilieu is vanuit een agens-georiënteerde benadering een beschrijving gegeven van de aanwezige kennis over de binnenmilieuproblemen. Daarbij heeft een ordening plaatsgevonden naar agentia (chemisch, fysisch en biologisch) en invloedssferen (buiten de woning, de woning zelf en binnen de woning, c.q. het gedrag). Bovendien is een aantal onderwerpen aangegeven waarover nog kennis ontbreekt.

De overheid stelt als uitgangspunt dat beleid met betrekking tot het binnenmilieu deel uitmaakt van het in gang gezette totale milieubeleid en in dat kader verder moet worden ontwikkeld. Tevens wordt als uitgangspunt de beleidsdoelstelling gehanteerd die in het kader van het WHO-Euro-programma in het WHO strategisch document 'Health for all by the year 2000', is verwoord, te weten dat tegen het jaar 2000 voor alle mensen in de regio Europa woningen beschikbaar dienen te zijn met een gezond en veilig leefmilieu [3].

Om bovenstaande doelstellingen, in het perspectief van de Neder-

landse situatie, te kunnen realiseren moet een systeem worden opgebouwd waarin een organisatiestructuur wordt ontwikkeld om het beleid ten aanzien van het binnenmilieu systematischer dan tot dusver te kunnen voeren en waarin een afwegingsproces wordt vastgesteld om prioriteiten in beleids- en aandachtsgebieden te kunnen vaststellen. In principe zijn hiervoor twee benaderingen mogelijk: in de eerste plaats de reeds eerder genoemde agens-georiënteerde benadering waarbij vanuit het agens wordt nagegaan welke effecten bij de gemeten concentraties of intensiteiten te verwachten zijn. In de tweede plaats de effectgerichte benadering waarbij, uitgaande van het effect, wordt nagegaan welke agentia of omstandigheden hiervoor verantwoordelijk zijn. Deze laatste benadering heeft voordelen boven de eerste daar zij uitgaat van reeds geconstateerde effecten of klachten. Gegevens hierover zijn echter schaars en betreffen meestal specifieke effecten die moeilijk eenduidig aan één oorzaak gekoppeld kunnen worden, zodat in het algemeen toch voor een agens-georiënteerde benadering wordt gekozen.

1.2 Doelstelling

Tegen de hiervoor geschetste achtergrond moet het onderhavige onderzoek beschouwd worden als een kaderstellende voorstudie met als doel om vanuit een gezondheidkundige invalshoek een systeem van indicatoren en een methodische techniek te ontwikkelen, die het, na invulling in een hoofdonderzoek, mogelijk maken prioriteiten voor het beleid en te verrichten onderzoek inzake de kwaliteit van het binnenmilieu te stellen.

Indicatoren kunnen bijvoorbeeld kenmerken zijn van potentieel blootgestelde bevolkingsgroepen of van factoren die de blootstelling beïnvloeden (bronnen, gedragingen, etc.).

Tevens kunnen op grond van bevindingen uit de voorstudie reeds

lacunes worden aangegeven die nader onderzoek ten behoeve van toekomstige risicoschatting en -karakterisering wenselijk maken.

1.3 Uitgangskader

Zoals bij de beschrijving van de doelstelling is aangegeven is er sprake van een kaderstellende voorstudie. Hierin wordt een systeem ontwikkeld van elementen die van belang zijn voor het verkrijgen van de benodigde informatie. In een nog te volgen hoofdonderzoek kan dan geschat worden wat de aard, de omvang en de ernst is van gezondheidskundige effecten die worden veroorzaakt door diverse agentia en stimuli, al dan niet in combinatie met faciliterende omstandigheden (bijvoorbeeld vocht). Het hoofdonderzoek en eventuele vervolgstudies zullen uiteindelijk een zo goed mogelijk antwoord dienen te geven op de vraag hoe-velen van welke populatie in welke binnenmilieusituatie door wat, hoe ernstig kunnen worden geschaad.

De resultaten van de risicoschatting kunnen dienen als een gezondheidskundige onderbouwing van bijvoorbeeld:

- effect-georiënteerde rangordening en prioriteitenstelling van agentia en stimuli;
- voorlichtingsprogramma's ten behoeve van verschillende doelgroepen (bijvoorbeeld m.b.t. het ventilatiegedrag, de woonhygiëne en het ontwerpen van gebouwen en voorzieningen);
- de huidige en voorgenomen regelgeving op het terrein van bouwen, wonen en (wellicht) arbeidsomstandigheden (in kantoren, openbare gebouwen);
- het ontwikkelen van criteria ten behoeve van de keuze van materialen en producten waarvoor productnormen moeten worden opgesteld.

Ofschoon gezondheidseffecten hier worden beschouwd als toetssteen voor het beleid, wordt, zoals in de Notitie Binnenmilieu

en ook in MER-rapportage het geval is, als methode om dit te bereiken de agens- of stimulus-georiënteerde benadering gehanteerd.

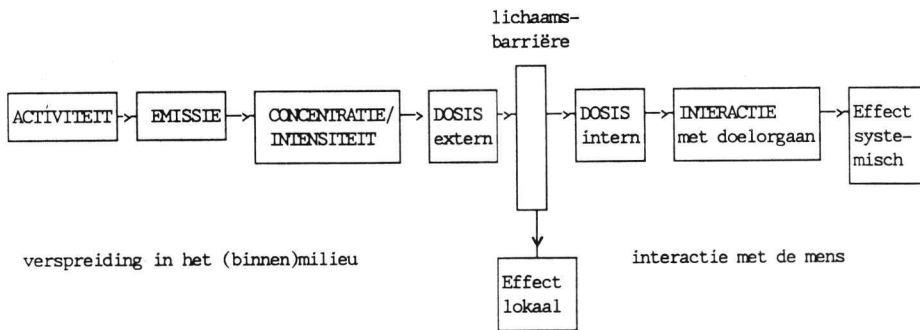
Dit sluit aan bij de benadering die ook in de sfeer van de arbeidshygiëne wordt toegepast bij de vaststelling van MAC-waarden, als ook van streef- en grenswaarden ten behoeve van water-, bodem- en luchtkwaliteit (bijvoorbeeld MIC-waarden) en van voeding.

Een bijkomend argument om ook in deze studie deze benadering toe te passen is, dat gebruik kan worden gemaakt van reeds beschikbare literatuur en databestanden over met name chemische agentia, alsmede van wettelijke regelingen en mogelijkheden voor zover deze reeds voorhanden zijn.

Een ander belangrijk voordeel van deze benadering is dat agentia en stimuli veelal bron- of oorzaakgebonden zijn. Dit verhoogt het inzicht in de omvang en ontwikkeling van de problematiek en vergemakkelijkt het nemen van preventieve maatregelen en het geven van voorlichting. Tevens zal bij juridische geschillen tussen bijvoorbeeld produktenleveranciers en -consumenten de bewijsvoering eenduidiger zijn.

Ter illustratie is in figuur 1 (ontleend aan [4]) schematisch en vereenvoudigd de weg weergegeven die chemische en biologische agentia afleggen door het milieu, vanaf het moment dat ze bij een bepaalde activiteit ontstaan, tot het effect op de mens. Met een geringe aanpassing geldt dit schema ook voor fysische stimuli.

Figuur 1



1.3.1 Risicoschatting

Het verrichten van een risicoschatting met betrekking tot gezondheidseffecten wordt beschouwd als bijdrage om de door de overheid gewenste vaststelling van een rangorde van agentia en stimuli naar effect mogelijk te maken.

Deze schatting dient de basis te vormen voor de uiteindelijke prioriteitsstelling en politieke besluitvorming.

Bij de risicoschatting spelen de volgende elementen een rol:

- de kans dat blootstelling optreedt;
- de omvang van de gevolgen van de blootstelling, die afhankelijk is van de mate en duur van blootstelling en de ernst van de nadelige eigenschappen van het agens.

Bij de risicobenadering die de overheid in haar op de mens gericht milieubeleid in het NMP hanteert [2], geldt als uitgangspunt dat het risico's betreffen die onvrijwillig en doorgaans niet waarneembaar of te beïnvloeden zijn [5].

De risicoschatting heeft betrekking op het individueel- en het groepsrisico.

Het individueel risico is de kans dat een persoon een bepaald nadelig effect ondervindt als gevolg van blootstelling aan een agens (uitgedrukt in kanseenheden per jaar of gerelateerd aan een gemiddelde concentratie per jaar).

Het groepsrisico is de kans per jaar dat in één keer een groep van tenminste een bepaalde grootte het slachtoffer is van een ongeval.

In het kader van het binnenmilieu-onderzoek in woningen en gebouwen wordt het individueel risico als maatstaf gebruikt.

Als maximaal toelaatbaar niveau, boven welke grens het risico onaanvaardbaar wordt geacht, wordt voor het totaal van de risico's per onderscheiden deelterrein (externe veiligheid, stoffen en ioniserende straling) een overlijdingskans van 10^{-5} /jaar als uitgangspunt genomen, hetgeen dus opgeteld een maximale risicolimiet van 3×10^{-5} /jaar inhoudt.

Per activiteit of per stof is het maximaal toelaatbaar niveau gesteld op 10^{-6} /jaar.

Verwaarloosbaar wordt een risico beschouwd als dit 1% van het maximaal toelaatbaar niveau bedraagt. Overigens voor bestaande activiteiten vindt bij overschrijding van de risicogrenzen nog een maatschappelijke afweging plaats. Voor nieuwe situaties is dit niet de bedoeling.

Waar de overheid in het kader van het risicomanagement over effecten voor de mens spreekt (daarnaast is ook sprake van risico's voor ecosystemen) betreft het drie typen (of niveaus) van gezondheidseffecten:

- Ongevallen met dodelijke afloop binnen drie weken ten gevolge van 'externe onveiligheid' (explosies bijvoorbeeld) of langetermijn effecten door stoffen of (ioniserende) straling zonder drempelwaarde, waarvan wordt aangenomen dat ze tot overlijden leiden of genetische effecten in het nageslacht tot gevolg hebben.
- Nadelige gezondheidseffecten door stoffen met een drempelwaarde, variërend van bijvoorbeeld orgaanbeschadigingen, chlooracne tot hoofdpijn.

Uitgaande van een vastgesteld zogenaamd NAEL niveau (No Adverse Effect Level) en met toepassing van een veiligheids-

marge* tussen de geschatte blootstellingsconcentratie tussen de geschatte blootstellingsconcentratie en de geschatte effectconcentratie wordt de maximale toelaatbare bovengrens en het verwaarloosbaar niveau (1% van het maximaal toelaatbare niveau) conform de aanbevelingen van de Gezondheidsraad nader vastgesteld.

- Hinder, waarbij, met als voorbeeld de stimulus geluid, per bron het NAEL niveau op circa 10% gehinderden wordt gesteld, of waar gedurende een bepaalde tijdsperiode een niet gewenste stimulus (zoals stank) door een substantieel deel van een populatie wordt waargenomen.

De risicoschatting die hier met betrekking tot het binnenmilieu in woningen aan de orde komt, heeft evenwel niet alleen betrekking op de kans op overlijden en op niet-herstelbare effecten, maar voor zover mogelijk ook op:

- de kans op, of een verhouding tussen, het optreden of niet-optreden van herstelbare effecten;
- de kans op subklinische gezondheidsklachten;
- de kans op en de mate van hinder.

Wat qua omvang van laatstgenoemde effecten per populatie als onacceptabel moet worden beschouwd zal afhangen van zaken als:

- de aard van het effect;
- de maatschappelijke of politieke haalbaarheid;
- de mogelijkheid het effect te voorkomen of te bestrijden;

* Deze veiligheidsmarge is niet altijd een constante, maar kan, conform de aanbevelingen van de Gezondheidsraad (dec. 1985), worden beïnvloed door nadere gegevens betreffende:

- de interspeciesvariatie (extrapolatie proefdier-mens);
- de intraspeciesvariatie (verschillen in gevoeligheid binnen de species);
- metabolisme;
- de opnametracees;
- de soort en het aantal onderzoeksgegevens;
- de blootstellingsperiode (hoe langer, des te groter de marge).
- de gecombineerde werking van stoffen.

- kosten-baten analyses.

Door de Nederlandse overheid is nog geen eenduidig standpunt bepaald inzake de vraag hoeveel gehinderden binnen een populatie aanvaardbaar zijn.

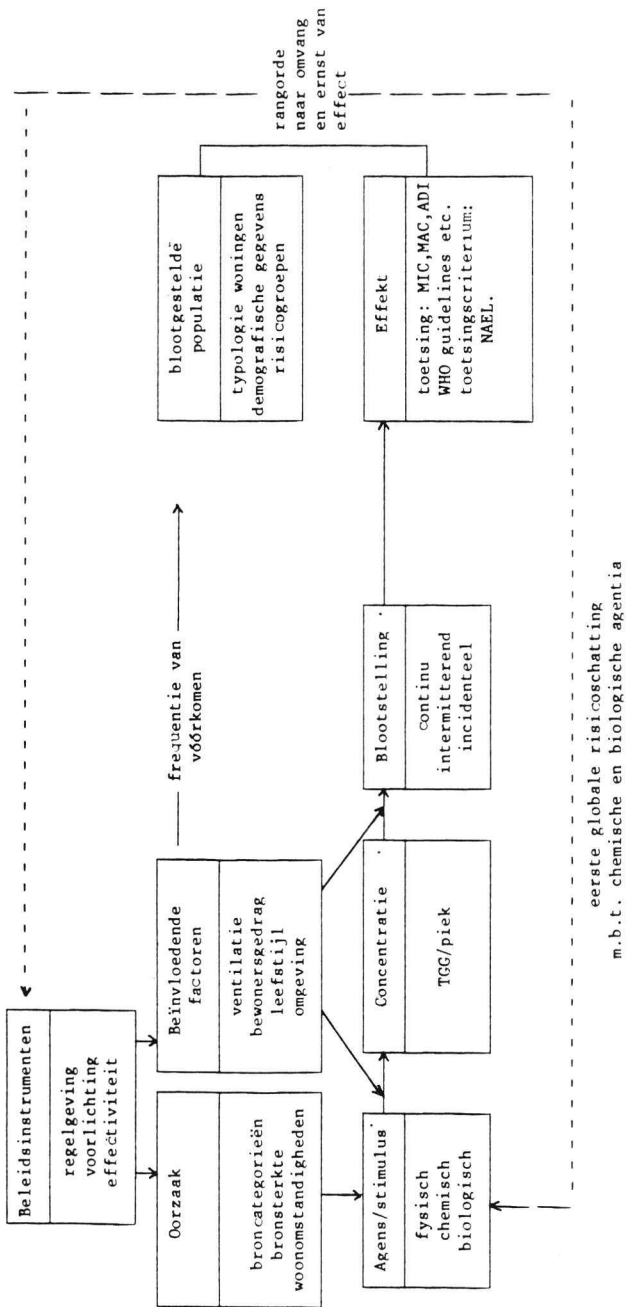
Het is van belang risicoschattingen tevens te baseren op te verwachte maatschappelijke en demografische ontwikkelingen.

1.3.2 Het onderzoeksmodel

In figuur 2 is een theoretisch model weergegeven waarin schematisch is aangegeven welke hoofdelementen een rol spelen bij de schatting van omvang en ernst van binnenmilieuproblemen. Tevens wordt een relatie gelegd met instrumenten die het beleid kan hanteren.

Om een risicoschatting te kunnen maken is, samengevat, kennis vereist over de onderdelen van dit model.

Figuur 2 Theoretisch model voor schatting omvang en ernst van binnenmilieuproblemen



Verklaring voor afkortingen:

TGG - TijdGewogen gemiddelde

MIC = Maximale Immisile Concentratie (op leefniveau in buitenlucht)

MAC = Maximaal Aanvaarde Concentratie (in binnenlucht op werkplek)

ADI - Acceptable Daily Intake

NAEL - No Adverse Effect Level

Ad agens/stimulus:

De uitgangsbasis van het schema wordt gevormd door een specifiek(e) agens of stimulus of, indien mogelijk, door agentia of stimuli die geclusterd zijn in een specifieke groep.

In de praktijk zullen vele agentia en stimuli tegelijkertijd optreden, maar kennis over de effecten van gecombineerde blootstelling ontbreekt veelal. Waar dit mogelijk is zal de synergistische werking van agentia in beschouwing worden genomen. Risico-evaluatie op basis van blootstelling aan een combinatie van agentia is vooralsnog niet mogelijk.

De agentia of stimuli worden onderscheiden in drie typen:

- fysische, chemische en biologische.

Onder fysische agentia of stimuli worden gerekend: geluid, licht, ioniserende straling, niet-ioniserende straling en thermische factoren. Vocht wordt doorgaans als voorwaarde voor het ontstaan van organismen of emissies beschouwd. Ter wille van de systematiek wordt vocht behandeld bij de fysische agentia.

Onder chemische agentia worden chemische stoffen verstaan met een biologische effect. In beginsel betekent dit dat alle chemische stoffen hieronder vallen aangezien, als de concentratie maar hoog genoeg is, alle stoffen wel één of meer effecten, ook op mensen, teweeg brengen.

Biologische agentia zijn agentia van biologische oorsprong die een effect hebben op andere organismen. Alleen (micro- en hogere) organismen en stoffen van biologische oorsprong die in het binnenmilieu voorkomen en die hun invloed hebben op de gezondheid en het welbevinden van de mens worden hieronder gerekend. Overigens kan de werking van biologische agentia voor een groot deel op dezelfde manier worden beschreven als die van chemische agentia.

Met het oog op zintuigelijke waarneming door de bewoners van woningen en gebruikers van gebouwen en met het oog op toe te

passen voorzieningen, maatregelen of instrumenten ter bestrijding van gezondheidseffecten wordt waar mogelijk bij de onderscheiden fysische, chemische en biologische agentia aangegeven wat de verschijningsvorm is en of, en zo ja hoe, ze waargenomen worden.

Om problemen te vermijden met het wegen van niet vergelijkbare effecten zullen de stimuli en agentia zoveel mogelijk worden gesorteerd naar hun belangrijkste of vroegste effecten (carcinogeniteit, mutageniteit, immunotoxiciteit, teratogeniteit, neurotoxiciteit, allergische reacties, luchtwegirritaties, seroconversie, hinder etc.).

Ad oorzaak:

Het specifieke agens of de stimulus of groepen agentia/stimuli worden in principe gerelateerd aan oorzaak of bron(nen).

Hoofdcategorieën van bronnen, waarbinnen een nadere subcategorisering kan worden toegepast, zijn:

- A. Buiten de woning (vooral verkeer en industrie, maar ook de natuur: fauna, flora, water en bodem).
- B. De woning zelf (bouwmaterialen, afwerkmiddelen, vaste installaties).
- C. Produkten in de woning (wooninrichtingsartikelen, schoonmaakmiddelen, bestrijdingsmiddelen, cosmetica, hobbyartikelen, verbrandingstoestellen (niet vast), huishoudelijke apparaten).
- D. De mens en zijn handelingen (metabole produkten, roken, voedselbereiding, resuspensie van stof, etc.).
- E. Huisflora en -fauna.

Ad beïnvloedende factoren:

De blootstelling aan agentia of stimuli wordt behalve door bovengenoemde bronnen ook bepaald door de bewoningswijze en persoonsgebonden gedragingen, zoals voedings- en rookgewoonten,

geneesmiddelengebruik, kleding en cosmeticagebruik en door aan de woning gerelateerde bouwfysische aspecten, installaties en voorzieningen, alsmede situering en indeling.

Voorts speelt het huishoudelijk gedrag op het gebied van onderhoud, warmwaterverbruik, schoonmaken, stoken en ventileren een rol. Op deze beïnvloedende factoren wordt verder ingegaan in paragraaf 2.5.

Ad concentratie en blootstelling:

Het specifieke agens of de stimulus, de oorzaak daarvan en de daarmee verbonden bronsterkte, beïnvloed door zaken als bewonersgedrag en ventilatie, verspreidt zich op een specifieke wijze door het binnenmilieu (de overdracht) en leidt tot een bepaalde concentratie van dit agens of deze stimulus en een bepaalde blootstelling aan het agens/de stimulus.

Onder de concentratie verstaat men de hoeveelheid van een agens per hoeveelheid van het medium waarin het zich bevindt. Hij wordt bijvoorbeeld uitgedrukt in particles per million of mg per m³. Bij sommige biologische agentia wordt het aantal kolonievormende eenheden (KVE) wel als maat gehanteerd. Fysische agentia kunnen veelal worden uitgedrukt in termen van energie of golflengte. De concentratiewaarden hebben in het kader van deze studie betrekking op immissiewaarden: de concentratie op leefniveau.

De blootstelling of expositie geeft de concentratie van een agens of stimulus aan waarmee de mens gedurende een bepaalde tijd in aanraking komt.

Met het oog op het vaststellen van gezondheidsrisico's is het noodzakelijk de dosis, de totale hoeveelheid van een agens die binnen een omschreven tijdsperiode passief wordt opgenomen of actief wordt toegediend, te kennen.

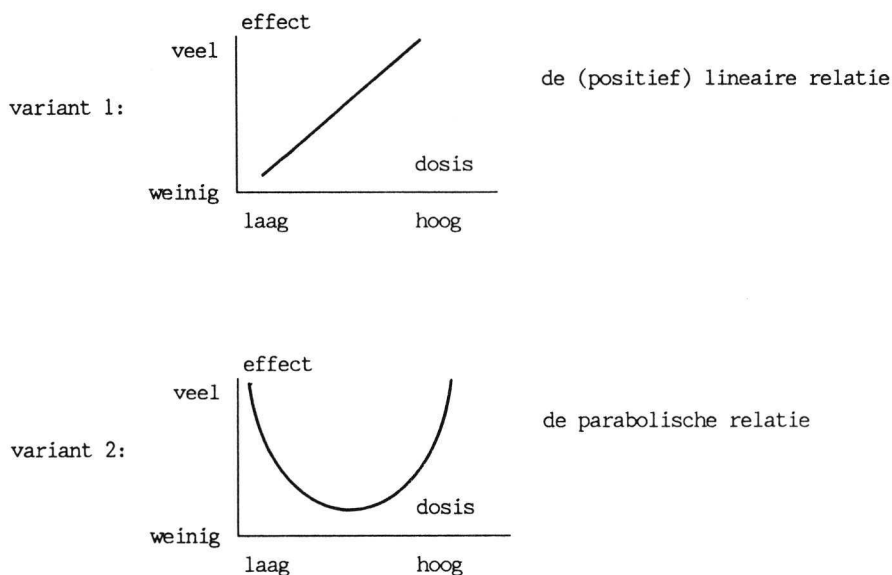
Een vereiste voor de te hanteren dosis-indicator is dat ze zo optimaal mogelijk moet correleren met een te verwachten effect,

met andere woorden effect-relevant moet zijn. Vanuit de veronderstelling dat er een causale samenhang bestaat tussen de mate van blootstelling (de dosis) enerzijds en het type en de ernst van een effect anderzijds, kan in de vorm van dosis-effectonderzoek worden nagegaan hoe deze relatie verloopt en bij welke dosiswaarde het verwachte effect minimaal is.

Twee hoofdvarianten van een dosis-effect relatie zijn vooral relevant (de varianten 1 en 2):

Variant 2 kan tevens in verband worden gebracht met de aan het menselijk lichaam en functioneren verbonden minimaal vereiste blootstelling aan agentia of stimuli. Bijvoorbeeld: de afwezigheid van geluid, of het voorkómen dat het menselijk lichaam resistenties kan ontwikkelen, zullen leiden tot nadelige gezondheidseffecten.

Figuur 3 Hoofdvarianten van dosis-respons relaties



Een dosis-indicator hoeft niet een zuiver fysische, chemische of biologische parameter te zijn, maar kan ook, zoals bij de vast-

stelling van de sterkte van geur (geureenheid), een combinatie zijn van deze parameters en het 'objectief' zintuiglijk waarnemingsvermogen van mensen.

Het ontbreken van een dosis-effect relatie waar men die wel zou verwachten, kan samenhangen met het hanteren van een niet valide dosis-indicator en/of niet valide effectmeting. Bovendien kunnen interveniërende factoren een versluierende rol spelen.

De dosis-indicator die het beste correleert met het (gezondheids)effect kan worden beschouwd als het eerst in aanmerking komende aangrijpingspunt voor het voeren van een overheidsbeleid of voor het kiezen van maatregelen.

Als fictief voorbeeld zijn de volgende correlaties denkbaar tussen de fictieve dosiswaarden (A t/m D) en het percentage gehinderden in een populatie.

dosis-indicator	correlatiecoëfficiënt	kwalificatie
A	$r < .20$	zwak
B	$.20 < r < .40$	matig
C	$.40 < r < .60$	tamelijk sterk
D	$r > .60$	sterk

In dit voorbeeld geldt D dus als de meest hinderrelevante dosis-indicator.

Bij het uitoefenen van een risicomanagement, in verband met het stellen van streef-, grens- of drempelwaarden en in het kader van productnormering is het van belang rekening te houden met de hierboven geschetste vormen van dosis-effect relaties.

In situaties waar sprake is van een gezondheidseffect en waar op theoretische gronden een samenhang met een dosis wordt verwacht, maar waar deze samenhang niet kan worden aangetoond of zwak is, dient de prioriteit voor onderzoek uit te gaan naar het ontwikkelen van een dosismaat die met het effect verband houdt, alsmede naar het ontwikkelen van een daarmee samenhangende

gestandaardiseerde meettechniek. Zo is bijvoorbeeld de vaststelling van dosismaten voor geur en zichtbaar (grof) stof in ontwikkeling.

Met het oog op de effecten wordt onderscheid gemaakt tussen de externe dosis (oftewel de blootstelling over de tijd aan de buitenkant van de lichaamsbarrière - zie figuur 1) en de interne dosis (oftewel de belasting van organen). De externe dosis is maatgevend indien het lokale effecten* betreft; in het geval van systemische effecten is de interne dosis het meest relevant.

Daar slechts in een beperkt aantal gevallen gegevens voorhanden zijn over de interne dosis, zal doorgaans van de externe dosis moeten worden uitgegaan. Bij risicoschatting wordt de externe dosis geschat op basis van gemeten c.q. berekende concentraties in woningen, waarbij aangenomen wordt dat de blootstellingsduur 24 uur per dag is ("worst case") situatie.

Het kan van belang zijn de blootstellingsroute of het opnametraject (de wijze waarop de mens het agens/de stimulus opneemt) van een agens of stimulus te verdisconteren: oraal, dermaal, inhalatoir en zintuiglijk.

Naast de blootstelling aan een specifiek (als het ware 'toegevoegd') agens of een specifieke stimulus is als element voor de risicoschatting kennis over de normale voorbelasting (ofwel 'achtergrondniveau') gewenst.

Tenslotte is het van belang dat bekend is welke standaard meetprocedures en verspreidingsmodellen gebruikt zijn om de concentraties en de mate van blootstelling vast te stellen.

* De huid, longen en neus worden beschouwd als plaats van primaire depositie.

Ad effect:

Bij blootstelling aan een specifiek agens of een specifieke stimulus kunnen gezondheidseffecten optreden*. Verondersteld wordt dus dat er een causale samenhang bestaat tussen een 'toegediende dosis' of blootstelling enerzijds en het type en de ernst van een effect of respons anderzijds. In het algemeen zullen gezondheidseffecten bij een toenemende blootstelling (zowel naar concentratie als naar duur) sterker worden. Bij meer individuen uit een belaste groep kunnen deze effecten optreden. De vaststelling van dosis-effect en dosis-respons relaties vindt plaats op basis van epidemiologisch onderzoek, dierexperimenteel onderzoek en in vitro toxiciteitsonderzoek.

Zoals reeds eerder is vermeld worden ten behoeve van de risicoschatting inzake het binnenmilieu onder gezondheidseffecten ook herstelbare reacties verstaan: zowel de 'objectieve' (morbiditeit), als subjectieve reacties (gevoelens t.a.v. gezondheid en welbevinden).

Ofschoon agentia ook kunnen dienen om gewenste reacties op te wekken (tabak als genotmiddel), zullen hier vooral de volgende typen of niveaus van ongewenste gezondheidseffecten worden onderscheiden:

- overlijden;
- niet-herstelbare klinische effecten;
- herstelbare klinische effecten;
- subklinische klachten;
- hinderreacties en comfortaantasting.

* Ofschoon in algemene zin gewezen moet worden op hun relevantie, worden in het kader van deze voorstudie buiten beschouwing gelaten:

- effecten, zoals ongevallen ten gevolge van 'onveiligheid' (bijvoorbeeld electrocutie of van de trap vallen door een verkeerd trapontwerp);
- materiële effecten in de vorm van schade aan gebouwen en materialen;
- kosten voor de gezondheidszorg.

Doorgaans zal een individueel persoon voor zichzelf bovenstaande hiërarchie van ernst van effecten aanhouden. Eenzelfde hiërarchie zal in z'n algemeenheid gelden als in een bepaalde populatie per niveau sprake is van eenzelfde aantal 'slachtoffers'.

In de praktijk zal evenwel het aantal hinderreacties door een fysisch agens (bijvoorbeeld geluid) aanzienlijk groter zijn dan het aantal personen dat onherstelbare schade (zoals gehoorbeschadiging) oploopt.

Dit levert een afwegingsprobleem op: moeten er met betrekking tot het agens of de bron pas maatregelen worden genomen als er sprake is van klinische effecten, of moet dit reeds het geval zijn wanneer alleen hinder optreedt? Deze vorm van prioriteitsstelling zal in het kader van het onderzoek echter niet plaatsvinden omdat hier in feite sprake is van een (politieke) beleidskeuze.

Evenmin zullen effecten van verschillend niveau in populaties met elkaar worden worden gewogen als ze het gevolg zijn van verschillende agentia of stimuli. Met andere woorden: over wat zwaarder moet wegen, hinder door stank of een verhoogde kans op kanker door ioniserende straling, wordt hier geen uitspraak gedaan.

Per afzonderlijk effectenniveau vindt, waar mogelijk, wel rangordering plaats.

Als gevolg van blootstelling aan een agens of stimulus zullen mensen verschillend reageren. Per niveau van effect kan de omvang en de mate van ernst of sterkte van deze reactie met behulp van schaaltechnieken worden vastgesteld. De bij de toepassing van de schalen gehanteerde maat zal per niveau of type effect kunnen verschillen. Bijvoorbeeld op het niveau van hinderreacties kan een onderscheid worden gemaakt tussen 'ernstig' gehinderden en 'nog net' gehinderden en op het niveau van her-

stelbare klinische effecten kan gedacht worden aan een frequentieverdeling in dagen van de snelheid van herstel.

Deze methode van inschaling naar omvang per niveau van effect maakt het mogelijk de reacties op verschillende agentia of stimuli met elkaar te vergelijken, hetgeen een rangordening van agentia op basis van een gelijksoortig effect mogelijk maakt.

Met betrekking tot het binnenmilieu in woningen en (kantoor)gebouwen kan ervan worden uitgegaan dat de kans op blootstelling hoog kan zijn en min of meer continu of frequent van aard.

Tegelijkertijd zal evenwel de dosis, vooral wat betreft chemische agentia, veelal zo gering zijn dat om die reden ongewenste gevolgen niet direct, maar pas na enige tijd zouden kunnen optreden.

Waar het chemische (of biologische) effecten betreft, gaat het dus vooral om de (semi)chronische effecten en het toetsen aan een (waargenomen) niet-nadelig effect niveau (N(A)EL: No (Adverse) Effect Level).

Op basis van de dosis-effect of dosis respons relaties zijn voor diverse situaties reeds normen en richtlijnen ontwikkeld. Een groot deel van deze normen en richtlijnen kan, eventueel in aangepaste vorm, als gezondheidkundige toetssteen dienen voor de situatie met betrekking tot het binnenmilieu in woningen en (kantoor)gebouwen, zoals:

- luchtkwaliteitswaarden (maximale immissieconcentraties), betrekking hebbend op de concentratie van een stof in de buitenlucht (geldend voor de hele bevolking);
- WHO-'Air Quality Guidelines' (voor Europa);
- ADI-waarden (Acceptable Daily Intake), als advieswaarden die (oorspronkelijk) zijn ontwikkeld door de WHO en FAO en van toepassing zijn op orale opname. In het IMP/Milieubeheer 1985-1989 zijn ze omschreven als: "Schatting van de hoogste dagelijkse dosis (concentratie, belasting) zonder gevaar voor de mens (of het milieu) op de lange duur";

- produktnormen, betrekking hebbend op drink- en eetwaren en op bestrijdingsmiddelen die zijn toegestaan voor gebruik in woningen (tegen insecten, t.b.v. houtconservering);
- MAC-waarden (maximale aanvaarde concentratiewaarden), betrekking hebbend op arbeidsomstandigheden in fabrieken en werkplaatsen;
- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) drempelwaarden en indices voor blootstelling aan chemische, fysische en biologische agentia;
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, Air conditioning Engineers) normen voor natuurlijke en mechanische ventilatie;
- NEN- en DIN-eisen: bijvoorbeeld NEN 1087 over ventilatie in woongebouwen, NEN 1089 over ventilatie in scholen en NEN 1070 over geluidwering in woongebouwen.

Ad blootgestelde populatie:

Wezenlijk verbonden met de risicoschatting en de veiligheidsmarges die daarbij worden gehanteerd is de aard van de populatie waarop de schatting is gebaseerd.

Zo zijn de MAC-waarden die worden gehanteerd voor situaties in fabrieken en werkplaatsen gebaseerd op risico's die gezonde volwassen personen onder de 65 jaar, met een blootstellingsduur van 8 uur per dag en van 40 uren per week, lopen.

Juist met betrekking tot het binnenmilieu in woningen (en openbare gebouwen) dienen verschillende groepen met verhoogde gezondheidsrisico's te worden onderscheiden om te voorkomen dat het beleid en de regelgeving te zeer toegesneden is op de 'vitale' Nederlanders en het 'modale' huisgezin in een eensgezinswoning.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen:

- population at risk. Aantal personen met een kans op blootstelling aan een specifiek agens of een specifieke stimulus. Als

voorbeelden kunnen bewoners van sterk geluidbelaste woningen, van vochtige woningen of van woonwagens worden genoemd.

- risicogroepen: mensen met een hogere dan gemiddelde gevoeligheid voor specifieke agentia of stimuli. Populaties met verhoogde risico's voor bepaalde agentia zijn bijvoorbeeld kleine kinderen, bejaarden, CARA-patiënten, allergie- en reumapatiënten en personen die lijden aan (hart- en vaat)ziekten. Ook rokers kunnen een risicogroep vormen.

Van invloed op de omvang van de population at risk en van de gevoelige groepen en daarmee op de omvang van de gezondheidkundige effecten zijn de reeds onder 'oorzaak' en 'beïnvloedende factoren' genoemde aspecten, zoals woonomstandigheden en leefstijl, alsmede demografische aspecten.

Ad beleidsinstrumenten:

Afhankelijk van het resultaat van de risicoschatting naar de omvang en het niveau van het effect is een terugkoppeling naar een te voeren beleid en naar daarbij te hanteren beleidsinstrumenten noodzakelijk als wordt beoogd de effecten te bestrijden. Beleidsinstrumenten kunnen regelgeving, financiële prikkels (vb. subsidies), onderzoek en voorlichting zijn.

Een belangrijk oogmerk bij voorlichting is de preventie. Daarom wordt aangenomen dat met name in nieuwe situaties de effectiviteit van de beleidsinstrumenten het hoogst is als zij gericht zijn op oorzaken en beïnvloedende factoren. In bestaande situaties zal de voorlichting meer betrekking hebben op beschermende maatregelen en voorzieningen.

Behalve de bewoners zijn als doelgroepen van voorlichting te beschouwen: producenten van bouwmaterialen, bouwkundigen, ontwerpers, de detailhandel, personen en instanties in de sfeer van de gezondheidszorg en beheerders van gebouwen.

Als basis van de voorlichtingscampagnes zou een nog op te stellen handboek of 'guide' kunnen dienen, waarin op systematische

wijze de gezondheidsrelevante motieven staan aangegeven voor de regelgeving, voorschriften en adviezen. Het onderhavige onderzoek draagt hier mede de bouwstenen voor aan.

In figuur 4 is schematisch een model van regeling van het binnenmilieu door bewoners en de overheid aangegeven.

Een dergelijk schema kan dienen als een overzichtsmodel waarin ten behoeve van een 'programmatische' aanpak van binnenmilieuproblemen een stelsel van beleidsbelissingen is aan te geven.

1.3.3 De informatieset en rangordening

De hiervoor genoemde elementen en aspecten waarover kennis vereist is om tot een schatting te kunnen komen van ernst en omvang van gezondheidseffecten door een specifiek agens of een specifieke stimulus kunnen worden samengevat in een informatieset.

Deze informatieset kan worden beschouwd als een mini-criteriadocument, waarin per geselecteerd agens of geselecteerde stimulus of per groep agentia of stimuli de uitgangsgegevens gekwantificeerd worden op grond waarvan vastgesteld wordt hoevelen van welke populatie in welke situatie hoe ernstig kunnen worden geschaad. Rangordening en prioriteitsstelling is mogelijk door rangschikking volgens verschillende doorsnijdingen, bijvoorbeeld de omvang van de blootgestelde populatie, de potentiële schadelijkheid of ernst van het effect, de aard van de bronnen, het beleidsterrein van de verschillende ministeries, etc..

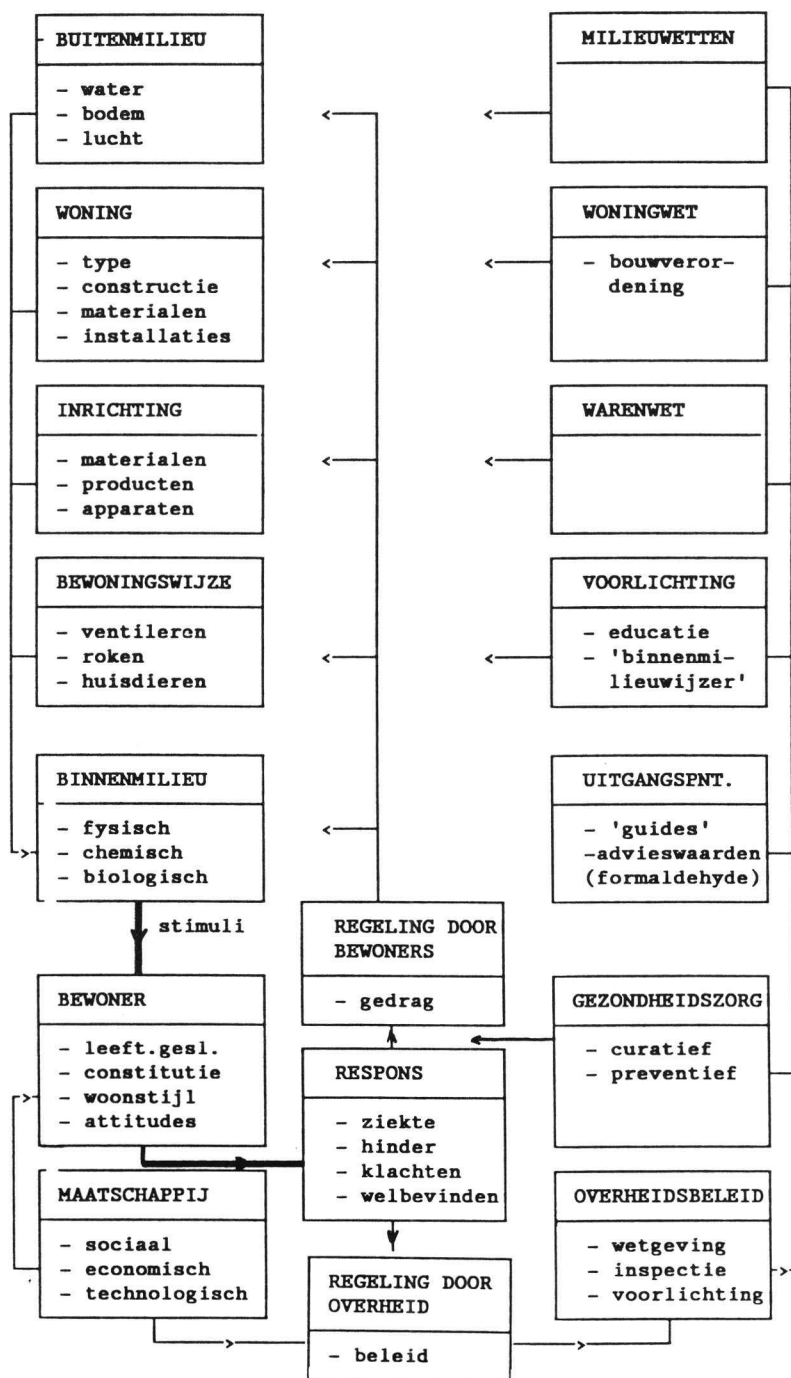
In Bijlage 1 wordt in de vorm van een trefwoordenlijst aangegeven uit welke basiselementen de informatieset idealiter is opgebouwd.

Voorbeelden van een uitgewerkte informatieset zijn opgenomen in de bijlagen 2 en 3 en hebben respectievelijk betrekking op:

- het chemische agens 1,4 dichloorbenzeen (onder meer toegepast in mottenballen en toiletblokjes);
- het biologische agens dierlijke huidschilferallergeen;

Van een voorbeeld van een uitgewerkte informatieset voor een fysische stimulus (geluid) moest om budgetaire redenen worden afgezien.

Figuur 4 Regeling binnenmilieu door bewoners en overheid



1.4 Uitvoering van het onderzoek

In de volgende hoofdstukken zal per hoofdgroep van agentia of stimuli het hiervoor beschreven uitgangskader nader worden uitgewerkt.

De onderhavige voorstudie is een 'desk research': uitgegaan wordt van bestaande kennis en algemeen toegankelijke en bekende literatuur. Er zal niet diepgaand worden ingegaan op deelaspecten, noch zal empirisch onderzoek worden verricht om geconstateerde lacunes in kennis alsnog te kunnen invullen.

Het is een kaderstellende voorstudie met als doel om vanuit een gezondheidkundige invalshoek een systeem van indicatoren en een methodische techniek te ontwikkelen.

Ook het hierop volgende hoofdonderzoek gaat uit van bestaande kennis. Dit hoofdonderzoek beoogt de invulling van de in de voorstudie ontwikkelde modelmatige aanpak. De resultaten hiervan zullen het beter mogelijk maken prioriteiten te stellen voor het te voeren beleid. Ook zullen er kennishiaten gesignaleerd worden, zodat tevens prioriteiten voor onderzoek gesteld kunnen worden.

Aan deze voorstudie hebben drie TNO-onderdelen een bijdrage geleverd, namelijk de Afdeling Binnenmilieu (BIM) van de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie (HMT), het Medisch Biologisch Laboratorium (MBL) en het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg (NIPG).

De werkzaamheden zijn gecoördineerd door het NIPG, dat tevens verantwoordelijk is voor de eindredactie van de rapportage.

2. CHEMISCHE AGENTIA

2.1 Inleiding

Onder chemische agentia verstaat men alle chemische stoffen die in het binnenmilieu vóórkomen als damp, gas, nevel of stof en door opname via de huid, de ademhalingswegen of de mond een lokaal of systemisch (nadelig) effect kunnen uitoefenen op de gezondheid. Gassen worden altijd ingeademd. Huidopname is - uitzonderingen daar gelaten - bij gasvormige stoffen niet van belang. Nevel of stof kan via alle routes worden opgenomen. Of de ademhalingswegen een rol spelen, wordt sterk bepaald door de deeltjesgrootteverdeling. Deeltjes met een diameter $> 5 \mu\text{m}$ worden in de bovenste luchtwegen afgevangen.* Tenzij de oplosbaarheid zeer groot is, wordt een aanzienlijk deel door secundaire ingestie alsnog oraal opgenomen. Of ook huidopname plaats vindt hangt af van de stofspecifieke eigenschappen en individuele factoren alsook van klimaatomstandigheden (o.a. temperatuur). Gezien de mogelijke fysische vormen van chemische agentia en de zeer uiteenlopende chemische en toxische eigenschappen, zal per stof worden aangegeven wat de meest voorkomende verschijningsvorm is en met welke opnameroute rekening moet worden gehouden.

2.2 Chemische agentia in het binnenmilieu

In het binnenmilieu komt een groot aantal chemische verbindingen voor. In totaal zijn zo'n 300 à 400 verbindingen aangetoond, die als typische binnenlucht-contaminanten kunnen worden beschouwd. Het merendeel behoort tot de categorie organische verbindingen.

* (zie voor een meer gedetailleerd overzicht paragraaf 3.9.1).

Globaal kunnen de chemische agentia gerubriceerd worden naar herkomst (zie voor een gedetailleerde onderverdeling paragraaf 1.3.2, ad oorzaak):

1. agentia voornamelijk afkomstig van bronnen buiten de woning;
2. agentia afkomstig van bronnen zowel binnen als buiten de woning;
3. agentia afkomstig van bronnen binnen de woning inclusief de woning zelf.

Om het belang van deze categorieën voor de kwaliteit van het binnenmilieu te kunnen aangeven, kan de verhouding tussen binnen- en buitenluchtconcentraties (bi/bu) worden gebruikt. Voor categorie 1 biedt de woonschil een zekere afscherming waardoor de bi/bu ratio altijd kleiner dan 1 is. De categorieën 2 en 3 zijn voor de binnenluchtkwaliteit van groter belang. Deze agentia komen in woningen in hogere concentraties voor dan in de buitenlucht. De beperking tot de categorieën 2 en 3 is niet voldoende om tot een redelijke reductie van het aantal chemische agentia te komen. Een verdere reductie kan verkregen worden door een selectiesysteem, dat gebaseerd is op een scoringsmethode, toe te passen. Het selectiesysteem is zodanig opgezet dat op basis van beschikbare kennis een voorlopige rangordening van agentia naar potentieel risico mogelijk is.

Scores voor wat betreft het vóórkomen van bronnen (indicator voor omvang van de blootgestelde populatie), de aard van de blootstelling (continu, discontinu) en het niveau van de blootstelling in relatie tot de toxiciteit van een agens (indicator voor potentiële gezondheidsrisico's), geven een eindscore op basis waarvan een beargumenteerde beperking van het aantal te beoordelen agentia kan plaatsvinden.

Als basis voor de selectie van relevante agentia dienen spreadsheets die de belangrijkste uitgangsggegevens voor een globale risicoschatting per agens bevatten. In tabel 2.1 wordt een uitgewerkt voorbeeld gegeven van vier chemische agentia.

Tabel 2.1 Chemische verbindingen die in het binnenmilieu (woningen) voorkomen

Agens	Bron	Cat.	B/Bu	Concentraties (µg/m ³)						Land	Gebruiks- patroon	Blootst. profiel	Conc. criterium	Score	Aanmerkingen per kolom	
				Lange termijn			Korte termijn									
				Gem (S.d.)	Bereik	Midd. tijd(t)	Gem.	Midd. tijd(t)	Piek- waarde							n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Stikstofdioxide (NO2)	Alveolozie geisers	B														K-keuken, W-woonkamer GR-Gezondheidsraad (1h) Kolom 6 en 8: bereik van maximum Met alveolozie geisers treedt altijd overschrijding criterium op
	Kooktoestellen (gas)	C			K53-478	24	230-2955	1	3808 (1min)	12	NL	4	3	230-2955 300(GH)	9,2-82,7 (acute effect)	
	Alveolozie kachels	C	+		W49-259	24	101-879	1								
	ETS	D														
	Buitenlucht (verkeer)	A														
Benzeen C	Verven, kitten	C														Overschrijding criterium (kolom 6)
	ETS	D														
	Soapplaat	B	+	9,9	n.a.-150	1 week				133	NL	3	4	9,9 10(VROM)	11,9 (chron. effect)	
	Benzine	C														
	Buitenlucht (verkeer)	A														
Tolueen G	Lijmen kitten	C														Geen overschrijdingscriterium
	Verven	B/C														
	Reinigingsmiddelen	C														
	Linoleum, PVC legels	B/C	+	55	n.a.-700	1 week				133	NL	5	4	55 8000(WHO) 55 0,31 3500(geur) (geur)	0,14 (chron. effect)	
	Hydroleberingsmidd.	B/C														
1,4-Dichloor- benzeen	Drukinkt	C														Overschrijding criterium (kolom 6) kolom 5: geschat gemiddelde voor woningen met 1,4 DCB bronnen Kolom 15: basis ADI (WHO)
	Mens	D														
	Buitenlucht (verkeer)	A														
	Toiletblikjes	C														
	Luchtheverfrissers	C	++	15	<0,6-299	1 week					319	NL	3	5	15 93(WHO)	
	Moppenballen	C														

Deze spreadsheet bevat de volgende parameters:

1. Agentia en bronnen (kolommen 1 t/m 3);
2. Gemeten concentraties (kolommen 5 t/m 12);
3. Scores naar de mate van voorkomen, de aard van de blootstelling en de kans op effecten (kolommen 13 t/m 16).

Ad 1 Agentia/bronnen

De agentia worden voorlopig individueel (gerubriceerd naar chemische structuur) beschreven. In een later stadium (paragraaf 2.4 en 2.5) wordt nagegaan in hoeverre een andere indeling, bijvoorbeeld naar effecten of broncategorieën, mogelijk of gewenst is.

De hoofdingeling naar chemische structuur is als volgt:

- Anorganische verbindingen (gasvormig, deeltjesvormig).
- Organische verbindingen
 - . Alifaten (alkanen, vertakte alkanen, alkenen, alkynen, alicyclische alifaten).
 - . Geoxygeneerde koolwaterstoffen (aldehyden, alcoholen, ketonen, ethers).
 - . Organische zuren.
 - . Esters.
 - . Aromaten (mono-, dicyclisch, polycyclisch).
 - . Terpenen.
 - . Gehalogeneerde koolwaterstoffen (alifatisch, aromatisch).
 - . Organische N-verbindingen (aminen, genitreeerde verbindingen).
 - . Organische S-verbindingen.
 - . Organische P-verbindingen.
 - . Organometaalverbindingen.

In principe worden alle agentia opgenomen die op basis van metingen in het binnenmilieu zijn aangetoond plus die agentia, waarvan op basis van hun voorkomen in produkten en hun emis-

siepotentieel aangenomen kan worden, dat deze in het binnenmilieu voor kunnen komen.

In de kolommen 2 en 3 worden de bronnen in volgorde van hun relatieve belang en de categorie waartoe ze behoren, aangegeven (zie voor annotatie paragraaf 2.3).

Ad 2 Gemeten concentraties

De verhouding tussen de binnen- en buitenluchtconcentratie is een criterium dat gehanteerd wordt voor een eerste selectie van agentia en bronnen. De annotatie geschiedt als volgt:

- ++ $bi/bu > 10$
- + $1 < bi/bu < 10$
- ± bi/bu omstreeks 1
- $bi/bu < 1$

De verhouding bi/bu heeft in de regel betrekking op de lange termijn gemiddelde binnenlucht-concentratie in situaties, waarbij de bron aanwezig is en onder normale condities gebruikt wordt (geen worst case situaties).

Agentia met een $bi/bu < 1$ worden niet verder uitgewerkt.

Voor de overige agentia worden de lange- en kortetermijn gemiddelden en hun spreidingsbreedte aangegeven (zie ook paragraaf 2.4), alsmede op hoeveel woningen de metingen betrekking hebben en in welk land ze zijn uitgevoerd.

Ad 3 Scores naar de mate van voorkomen, de aard van de blootstelling en de kans op effecten.

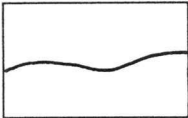
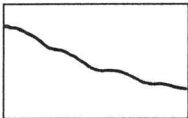
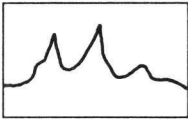
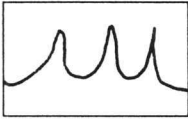
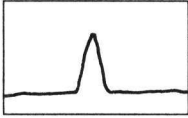
Omvang en aard van de blootstelling worden gerelateerd aan kenmerken van de bron (het vóórkomen en het emissiepatroon).

De omvang van de blootstelling wordt per agens beoordeeld op basis van het voorkomen van de meeste relevante bronnen in woningen volgens de volgende score:

<u>score</u>	<u>mate van voorkomen</u>	<u>voorbeeld</u>
5	komen algemeen of overal voor (ubiquitair) (95 - 100%)	stoffering, schoonmaakmiddelen
4	komen veel/vaak voor (70 - 95%)	gasformuizen, kunststoffen e.d.
3	komen regelmatig tot matig veel/ vaak voor (30 - 70%)	afvoerloze geisers, kachels, hobby-artikelen etc.
2	komen matig of in mindere mate voor (5 - 30%)	fotochemicaliën, speciale onder- houdsartikelen etc.
1	komen zelden of nooit voor (incidentieel) 0 - 5%)	artikelen die in de beroepssfeer worden gebruikt, pyrolyse bij brand etc.

De aard van het blootstellingspatroon wordt gerelateerd aan het emissieprofiel van de meest relevante bron. Verondersteld wordt dat blootstelling altijd optreedt als de bron actief is (worst case).

De score is als volgt:

<u>Score</u>	<u>aard van de blootstelling</u>		<u>Voorbeeld</u>
5	continu eventueel met seizoenvariaties	 jaar -->	radon, spaanplaat
4	monotoon afnemend in tijd	 maand/jaar -->	bouwmaterialen
3	intermitterend meerdere malen per dag	 dag -->	koken, roken
2	intermitterend meerdere malen per week	 week -->	reinigen
1	incidenteel eenmaal per week tot eenmaal per maand	 week/maand -->	hobbyen

De score is hoger naarmate de blootstelling langduriger is. Acute effecten bij kortdurende hoge exposities worden in deze score ondergewaardeerd. Voornoemde scores worden toegekend op basis van literatuurgegevens en "best professional judgement".

De kans op gezondheidseffecten wordt beoordeeld door gemeten concentratieniveaus te toetsen aan luchtkwaliteitscriteria of andere afgeleide criteria volgens:

$$\frac{\text{gemiddelde concentratie}}{\text{criterium}} = \text{score}$$

In het geval van orale opname zal deze worden geschat en eveneens worden gerelateerd aan de criteria:

$$\frac{\text{opname}}{\text{criterium}} = \text{score}$$

Voorzover beschikbaar wordt hierbij gebruik gemaakt van de advieswaarden van de Gezondheidsraad, die als basis hebben gediend voor Nederlandse luchtkwaliteitseisen voor de buitenlucht.

Deze worden waar nodig aangevuld met de WHO Air Quality Guidelines en de richtlijnen voor de binnenlucht van Health and Welfare Canada. Voor die stoffen waarvoor geen normen voor binnen- of buitenlucht beschikbaar zijn, zal gebruik worden gemaakt van Nederlandse MAC-waarden die worden omgerekend naar 24-uurs blootstelling en worden geëxtrapoleerd naar de algemene bevolking door invoering van een extra veiligheidsfactor. De beoordelingsperiode van het toetsingscriterium houdt rekening met de aard van het effect (acuut, chronisch). Voor het berekenen van de score worden de gemeten concentraties gebruikt waarvan de middelingstijd overeenkomt met de beoordelingsperiode van het criterium (24h, 1h of momentaan)*.

* De onderwaardering van incidentele hoge blootstellingen met acute effecten bij de score voor het blootstellingspatroon wordt hierdoor gecompenseerd.

Indien uit de spreidingsbreedte van de gemeten concentraties blijkt dat overschrijding van het criterium mogelijk is, wordt dit apart vermeld.

Het aspect hinder door stank- en geurstoffen wordt beoordeeld door de geurdrempels als toetsingscriterium te gebruiken.

Het product van de drie voornoemde scores geeft een eindscore (kolom 16).

Na rangordening van de eindscores kunnen de meest risicovolle agentia worden geselecteerd (bijvoorbeeld de eerste tien) voor nadere uitwerking en kwantificering in informatiesets per agens (zie Bijlage 1).

Agentia waarvoor geen eindscore mogelijk is door het ontbreken van hetzij blootstellingsniveaus hetzij gezondheidkundige toetsingscriteria blijven als zodanig herkenbaar. In deze gevallen kan op basis van de scores voor het voorkomen van bronnen en het blootstellingspatroon worden afgewogen wat per cluster van agentia de belangrijkste hiaten in kennis zijn en waar nader onderzoek wenselijk is. Bij het beschikbaar komen van nieuwe kennis ten aanzien van bijvoorbeeld effecten en trends in productgebruik of -samenstelling kan het selectiesysteem opnieuw worden doorlopen om verschuivingen in rangordening vast te kunnen stellen.

2.3 Bronnen en broncategorieën van chemische agentia

Voor de geselecteerde agentia worden de belangrijkste bronnen nader gekwantificeerd in de informatiesets. Een agens kan uit vele verschillende bronnen afkomstig zijn. Uit de kenmerken van de meest relevante bronnen kan het emissiepatroon respectievelijk het blootstellingspatroon en de omvang van de blootgestelde populatie worden afgeleid. Tevens volgen hieruit aangrijpingspunten voor een brongericht beleid.

Per bron wordt met een annotatie aangegeven tot welke categorie deze behoort. Hieruit is af te leiden op welk beleidsterrein een brongerichte aanpak mogelijk is. De volgende broncategorieën worden onderscheiden:

- A. Buiten de woning (verkeer, industrie, bodem).
- B. De woning zelf (bouwmaterialen, afwerkmiddelen, vaste installaties).
- C. Produkten in de woning (wooninrichtingsartikelen, schoonmaakmiddelen, huisvuil, bestrijdingsmiddelen, cosmetica, hobbyartikelen, verbrandingstoestellen (niet vast), huishoudelijke apparaten).
- D. De mens en zijn handelingen (metabole produkten, roken, voedselbereiding, resuspensie van stof etc.)
- E. Huisflora en -fauna.

De broncategorieën A en B worden in termen van risicoperceptie in het algemeen als het meest bedreigend ervaren, omdat de bewoner hier niet of nauwelijks zelf invloed op kan uitoefenen. Bij de overige broncategorieën kan de bewoner zelf regulerend optreden. In principe kan dit op een hoger abstractieniveau vertaald worden in niet-vermijdbare (ongewilde) blootstelling en vermijdbare blootstelling.

Per agens zal tevens waar mogelijk worden aangegeven hoe de toepassing en de samenstelling van de specifieke bronnen en producten zich in de toekomst zullen ontwikkelen. Informatie over deze trends zal op beperkte schaal worden verkregen door gesprekken met sleutelinformanten. Het ligt niet in de bedoeling uitgebreide marktanalyses uit te voeren.

2.4 Gemeten concentraties in woningen

De informatie over gemeten concentratie zal worden geput uit publicaties, geselecteerd op de volgende criteria:

- Nederlandse studies;
- overzichtsartikelen;
- studies die zich uitstrekken over een groot aantal woningen.

Voor zover mogelijk wordt onderscheid gemaakt tussen langetermijn gemiddelde concentraties, kortetermijn gemiddelde concentraties en momentane piek-concentraties.

Daar de middelingstijd sterk bepaald wordt door de detectiegrens van de analytische methode, is het veelal niet mogelijk gestandaardiseerde tijdgewogen gemiddelden te geven voor alle agentia. Metingen in woningen hebben vaak een beperkte steekproefomvang in de tijd. Percentielen over langere perioden (bijvoorbeeld één jaar) zijn dus niet aan te geven.

Aan de andere kant moet ook benadrukt worden dat, ondanks het grote scala aan stoffen dat gemeten is in het binnenmilieu, het totale beeld verre van volledig is. Vooral voor organische verbindingen leggen de monsternemingsmedia (actieve kool, Tenax etc.) beperkingen op aan aantal en soort agentia dat bepaald kan worden.

Voor een aantal verbindingen, zoals aan deeltjes gebonden hogere koolwaterstoffen, zijn in het binnenmilieu nog vrijwel geen metingen uitgevoerd.

Een goede beoordeling van de gemeten concentraties is slechts mogelijk indien de meetomstandigheden bekend zijn. In de informatiesets worden naast de gemeten/berekende concentraties tevens aangegeven:

- doelstelling van de meting (algemene blootstelling, worst case etc.);
- aantal bemeten objecten en type object;
- meetmethode;

- land waar onderzoek is uitgevoerd (vertaalbaarheid naar de Nederlandse situatie).

2.5 Beïnvloeding van de concentratie respectievelijk blootstelling

De variabelen die van invloed zijn op de concentratieniveaus in woningen zijn gerelateerd aan de woning, het bewonersgedrag of aan de interactie tussen beide. Beide aspecten leiden er toe dat tussen individuen de gemiddelde blootstelling aan een agens kan variëren met een factor 10 à 100. De determinanten die hierbij een rol spelen zijn weergegeven in tabel 2.2.

Tabel 2.2 Variabelen die van invloed zijn op de binnenluchtconcentraties

variabele	determinant	woninggerelateerd	bewonersgerelateerd
buitenluchtconcentratie	- nabijheid van bronnen - meteorologie - ruimtelijke ordening	soms, wanneer woningen gesitueerd zijn bij bronnen (verkeerswegen, industrie). voor een bepaalde wijk is de belasting echter vrij uniform	nee, behalve wanneer schoorsteenemissie bijvoorbeeld van openhaarden, terugslaan naar de gevel
bronsterkte van emittenten in de woning	- aanwezigheid van bronnen - gebruikerspatroon - ouderdom van het emitterende materiaal - temperatuur en relatieve vochtigheid	ja, in het bijzonder voor bouwmaterialen, vaste installaties en bodemverontreiniging	ja, in het bijzonder voor bronnen waar de bewoner controle over heeft (roken, consumentengoederen, verbrandingstoestellen)
ventilatievoud	- hoeveelheid mechanische of natuurlijke ventilatie - luchtdichtheid - windsnelheid en -richting - temperatuurverschillen binnen/buiten	ja, voor wat betreft luchtdichtheid en mechanische ventilatie	ja, voor wat betreft ventilatiegedrag en temperatuur
ventilatie-efficiency	- ventilatiepatroon - afmeting en indeling van ruimten - temperatuur stratificatie	ja, in het bijzonder voor de lay-out van woning en ventilatievoorzieningen	gedeeltelijk, door het openen van ramen en deuren en de interieurinrichting
depositie en absorptie van luchtverontreiniging	- chemische reactiviteit - dampspanning - relatieve vochtigheid - depositiesnelheid - interieuroppervlakken	ja, in het bijzonder voor muren en wandafwerking	ja, voor wat betreft de interieurinrichting. De bewoner heeft echter nauwelijks mogelijkheden de determinanten bewust te controleren

Specifiek aan de woning gebonden determinanten zijn: de aanwezigheid van in- en externe bronnen, het ventilatievoud (de luchtdichtheid), het type ventilatie (natuurlijk of mechanisch) en de afmeting en indeling van de binnenruimten. Deze factoren kunnen van woning tot woning sterk variëren en zijn slechts in beperkte mate beheersbaar door de bewoner. De concentraties worden echter in nog sterkere mate beïnvloed door het bewonersgedrag. Factoren die hierbij van belang zijn, zijn het ventilatiegedrag, het gebruikspatroon van produkten en het binnenklimaat (temperatuur en relatieve vochtigheid). Per agens zal in de informatiesets worden aangegeven welke variabele en welke determinant de grootste invloed hebben op het concentratieniveau, alsmede welke sturingsmechanismen (beleidsopties) beschikbaar zijn. Voor agentia waarbij een kans op overschrijding van toetsingscriteria aanwezig is, zal de omvang van de risicogroep mede moeten worden geschat op basis van aan de woning gerelateerde determinanten (typologie van woningen) en kenmerken van het bewonersgedrag. In dit stadium kan reeds gesteld worden dat kwantitatieve gegevens, in het bijzonder met betrekking tot het bewonersgedrag, slechts in geringe mate aanwezig zijn en dat hierbij veelal zal moeten worden volstaan met "best professional judgement."

2.6 Indeling van chemische agentia naar effect

Er zijn verschillende mogelijkheden om agentia naar effecten in te delen. Zo kan men dit doen op basis van:

- locale- en systemische effecten;
- acute- en chronische effecten;
- reversibele- en irreversibele effecten;
- klinische en subklinische effecten en hinder.

Gezien vanuit het binnenmilieu ligt het voor de hand een hoofdindeling te maken naar acute en chronische effecten, waarbij tevens wordt aangegeven of het effect reversibel of irreversibel van aard is.

In het algemeen zullen de binnenluchtconcentraties zo laag zijn, dat nauwelijks chronische klinische gezondheidseffecten zijn te verwachten.

Aan de andere kant dient er rekening mee te worden gehouden dat agentia zelden alleen voorkomen, zodat ook additieve en syner-gistische effecten kunnen optreden.

Voor zover voldoende gegevens beschikbaar zijn zal gecombineerde blootstelling in de risicoschatting betrokken worden.

Voor de subjectieve beleving en subklinische gezondheidseffecten zijn met name die stoffen van belang, die als hinderlijk of irriterend worden ervaren. Voorbeelden hiervan zijn formaldehyde en minerale vezels. Hiervoor is de momentane concentratie en zijn de daarmee gepaard gaande acute effecten van groter belang dan de gemiddelde concentratie over langere tijd.

Hinder door stank- en geurstoffen vormt een apart probleem. Aan de ene kant kan de perceptie van geur als hinderlijk worden beschouwd, in het bijzonder wanneer de bron onbekend is. Aan de andere kant kan dit angstgevoelens veroorzaken door het niet kunnen inschatten van de (eventuele) negatieve effecten op de gezondheid.

Waar mogelijk zal per chemische stof worden aangegeven of deze acute dan wel chronische effecten op de mens teweeg brengt en of deze effecten reversibel of irreversibel zijn en op welk niveau deze effecten zich voordoen (klinisch, subklinisch of hinderlijk). Op basis hiervan kunnen de informatiesets gegroepeerd worden naar de aard van het effect.

De subjectieve beleving van geur en vervuילend stof wordt bij de fysische agentia (hoofdstuk 4) behandeld.

2.7 Risicoschatting chemische agentia

In paragraaf 2.2 is beschreven hoe een eerste rangordening van chemische agentia kan plaatsvinden op basis van het voorkomen van bronnen, het blootstellingspatroon en de kans op gezondheidseffecten.

Hieruit wordt na rangordening van de eindscores een selectie gemaakt van aandachtsstoffen voor het binnenmilieu. Voor deze geselecteerde agentia zal per agens een nadere kwantificering plaatsvinden in de informatiesets.

De te kwantificeren aspecten zijn vermeld in Bijlage 1. De risicoschatting geeft aan in hoeveel woningen in welke situatie het toetsingscriterium wordt overschreden en wat de aard en het niveau van het te verwachten gezondheidseffect kan zijn.

Verdere rangordening en prioriteitsstelling is mogelijk door rangschikking volgens verschillende doorsnijdingen.

Bijvoorbeeld:

- omvang van de bevolking boven het toetsingscriterium;
- aard van het gezondheidseffect (acuut/chronisch; irreversibel/reversibel);
- groepen van agentia (bijvoorbeeld oplosmiddelen);
- broncategorieën of beleidsterreinen.

3. BIOLOGISCHE AGENTIA

3.1 Inleiding

In de Notitie Binnenmilieu worden onder "biologische agentia" verstaan: biologische kiemen, vectoren (overbrengers) en rest-producten (p. 21). Volgens deze omschrijving kunnen de biologische agentia direct werkzaam zijn (bijvoorbeeld als toxine of allergeen), of kunnen ze indirect werken doordat ze de producent of bron zijn van biologische (gif-)stoffen. Ze kunnen zich vermeerderen en verspreiden.

Het verdient de voorkeur om alleen van een biologisch agens te spreken als er sprake is van een werkzame stof in zijn chemische hoedanigheid, of van levende, zich vermeerderende cellen of eventueel van het direct daarboven liggende niveau. Voor de rest zou dan het organisme of het organische product benoemd moeten worden als bron of vector.

Op het niveau van de micro-organismen is het verschil tussen agens en bron-organisme niet altijd duidelijk aan te geven (bijvoorbeeld bij virussen). Daarom wordt hier om praktische redenen geen onderscheid gemaakt tussen het bron-organisme zelf en het werkzame product, de stof of het agens.

Bij hogere organismen is het echter noodzakelijk om een duidelijke scheiding aan te brengen tussen het organisme als vector, (= transmittor) of bron enerzijds en als agens anderzijds.

Zo kan een hond zelf bijten (de hond is dan het agens), maar is tevens drager of vector van vlooiën, mijten, schimmels, bacteriën en virussen, en verspreider of producent van huidschilfers, faeces, speeksel etc. Hondevlooiën kunnen op hun beurt weer vector zijn voor bacteriën of protozoën, de schimmels produceren weer sporen en kunnen na depositie op het slijmvlies van de receptor, aldaar door elutie (oplossing) antigeen afgeven.

De plaats waar het organisme of de bron zich bij voorkeur bevindt of zich kan ontwikkelen wordt "habitat" genoemd. Hier zijn de levensvoorwaarden optimaal: voedsel, substraat, temperatuur, vochtigheid. Voorbeeld: mijten in huisstof, protozoën in "baffle-slime" in luchtbevochtigers, of schimmels op behang. Onder locatie is te verstaan de vindplaats of ruimte waar zich de habitat bevindt (schaalverschil met habitat).

3.2. Biologische agentia in het binnenmilieu

Uitgaande van de in paragraaf 3.1 behandelde begripsomschrijving kan de volgende indeling worden gemaakt:

- schimmels

sporen en mycelium van schimmels met hun antigenen en de vluchtige metaboliëten en mycotoxinen.

Enkele belangrijke genera: Mucor, Rhizopus, gisten, Aspergillus, Penicillium, Serpula.

- bacteriën

en hun antigenen en toxinen. De bacteriën die banale (algemene) infecties veroorzaken zijn niet in beschouwing genomen vanwege hun niet typisch "home-bound" zijn.

Enkele genera: Pseudomonas, Serratia, Klebsiella, Micrococcus, Bacillus, Legionella en de Actinomyceten: Nocardia, Streptomyces, Thermoactinomyces, Micromonospora, Actinobifida, Micropolyspora.

- protozoën

en hun antigenen. De protozoën die een rol spelen bij zoonosen of andere parasitaire infecties zijn voorlopig buiten beschouwing gelaten. Genera: Amoeba, Naegleria, Bodo, Lionatus.

- mijten
hun faeces en fragmenten en het antigeen hiervan. Genera: Dermatophagoïdes (huisstofmijt = D. pteronyssinus), Euroglyphus, Hirstia, Acarus, Glycyphagus, Gohieria, Rhizoglyphus, Tyrophagus, Dermanissus, Tarsonemus, Cheyletus.
- insecten
hun faeces, fragmenten en het antigeen of pathogeen ervan. Soorten: boekenluis, stofluis, houtworm=boekenworm, zilvervisje, motten, kakkerlakken, krekels, hoofdvluis, vlooien, vliegen, muggen etc.
- huidschilfers
en huidschilferantigeen van onder andere de zoogdieren: mens, hond, kat, hamster, konijn, cavia, woestijnratje, rat, muis, paard etc.
- andere antigenen of pathogenen
van bovenstaande (huis-) zoogdieren (bijvoorbeeld uit faeces, urine, speeksel etc).
- vogels
hun antigenen en pathogenen, onder andere van kooivogels: duiven, kippen, parkieten etc.
- pollen
en pollenantigeen van o.a. grassen, bomen, kruiden, kamerplanten, etc.
- organisch stof
en andere producten van groenten, granen, bulkproducten etc.

Ten behoeve van de selectie van biologische agentia voor prioriteitsstelling kan, aan de hand van een scoringsprocedure die in paragraaf 3.9.1 uiteen wordt gezet, de mate van, of de kans op, het vóórkomen van het organisme of agens worden aangegeven.

3.3 Bronnen van biologische agentia

Omdat bij biologische agentia de grens tussen bron-organisme en agens vaak moeilijk is te trekken, is er geen duidelijke lijst van bronnen met hun agentia op te stellen. Ook beïnvloedende factoren als (gunstige) habitat, voedsel, en groeivoorwaarden (temperatuur en vochtigheid) spelen een grote rol bij het al dan niet aanwezig zijn van bio-agentia en (micro)-bron-organismen.

Getracht is om in een matrix deze elementen samen te vatten (tabel 3.1).

Door middel van scores kan in deze tabel de mate van of de kans op het vóórkomen van het organisme of het agens, bij aanwezigheid van de bron of de (groei) voorwaarde, worden aangegeven.

Benaderingen:

- welke soorten bron-organismen komen voor en waar? Aangeven van een rangorde van voorkomen in soorten bij schimmels, huisdieren, mijten etc.
- welke hoeveelheden bron-organismen of agentia komen voor (naar soort)?
- welke agentia, met welke specifieke eigenschappen, zoals deeltjesgrootte, zijn het meest potent (allergisch, toxisch)?

Aangeven van een rangorde.

- welke agentia geven de sterkste of meeste effecten? Bijvoorbeeld de relatie met het voorkomen van allergische reacties aangeven.

Op zich behoeft de mate van voorkomen van het bron-organisme niets te zeggen over de mate van voorkomen van het agens. Dit hangt mede af van de productie en de verspreiding. Ook behoeft de mate van voorkomen van het bron-organisme niet direct verband te houden met de mate van het effect.

De mate van voorkomen van bron-organismen of agentia kan worden gezien vanuit het algemeen voorkomen in woningen of vanuit het

voorkomen per woning. De meest voorkomende soort en het grootste aantal in een (groep) woning(en) kan iets zeggen over de mate van potentiële blootstelling.

3.4 Gevonden concentraties in woningen

Vanwege het alom aanwezige karakter van biologische agentia is het zeer moeilijk om betrouwbare gegevens over concentraties of mate van voorkomen te verzamelen. Bovendien zijn de omstandigheden waaronder de gegevens zijn verzameld in de literatuur zelden goed vergelijkbaar.

Van bacteriën zijn geen kwantitatieve gegevens over voorkomen in woningen bekend, wel kwalitatieve gegevens in bijzondere locaties, bijvoorbeeld in situaties met luchtbevochtigers of air conditioning installaties (kantoren).

Mijten, vooral huisstofmijten, komen overal voor. In de zomer meer dan in de winter en in vochtige woningen veel meer dan in droge woningen. Tengevolge van de seizoensperiodiciteit is het van groot belang te weten in welke maand de gegevens zijn verzameld. Er zijn slechts enkele onderzoeken bekend en dan nog in bijzondere situaties, waar systematische tellingen van mijten zijn gedaan. Een bijkomende moeilijkheid is nog de verschillende eenheden (aantallen per hoeveelheid stof of per m² vloeroppervlak) die door de verschillende onderzoekers zijn gebruikt. Gegevens over het vóórkomen van huisstofmijtenantigeen (in vloer- of luchtstof) zijn nog schaarser en bovendien niet altijd gekoppeld aan woningkenmerken.

Voor huisdieren zijn kwantitatieve gegevens wel te achterhalen doch dit zegt dan nog niets over de hoeveelheid (concentratie) huidschilfers of huidschilferantigeen.

Over het voorkomen van schimmelsporenconcentraties zijn zeer veel gegevens bekend, doch de spreiding is zo groot dat er hoog-

stens een uitspraak kan worden gedaan over de verhouding binnen-buiten. De gevonden aantallen en de soorten zijn voor verschillende situaties en landen zeer uiteenlopend. Een probleem bij de interpretatie van schimmelsporenconcentraties in de binnenlucht is het feit dat sommige schimmels als "groeisels" pas sporuleren wanneer hun levensomstandigheden ongunstig worden. Afhankelijk van de soort en het substraat liggen de sporulatieomstandigheden anders. Er behoeft dus geen verband te bestaan tussen weelderige schimmelgroei in een woning en het aantal sporen in de lucht. Hoewel sporen als antigeendrager een hygiënische betekenis hebben, behoeft de aanwezigheid van schimmelgroei dat in feite niet te zijn. Pas na het ongunstig worden van de situatie kunnen er risico's ontstaan. Deze schijnbare paradox bemoeilijkt de interpretatie van gevonden concentraties.

3.5 Beïnvloeding van concentraties respectievelijk blootstelling

Aspecten die van invloed zijn op concentratie respectievelijk blootstelling, zijn reeds behandeld in paragraaf 2.5. Deze gelden onverkort voor biologische agentia.

3.6 Effecten van biologische agentia

Biologische agentia kunnen als groep een uitgebreid scala van effecten tot gevolg hebben. Alleen al de virussen en bacteriën veroorzaken zeer veel soorten infectieziekten. Vanuit het oogpunt van typisch woninggebonden agentia en hun effecten kunnen de meeste virussen en bacteriën buiten beschouwing blijven. Het spreekt echter vanzelf dat nooit met zekerheid is te zeggen of een bepaald effect (ziekte) veroorzaakt is door een typisch

"home-bound" bio-agens, dan wel door een ander pathogeen of allergeen van niet "huiselijke" aard. In grote lijnen zijn in dit verband de volgende, reeds eerder genoemde, niveaus van effecten te onderscheiden:

1. hinder;
2. subklinische effecten (vage lichamelijke klachten);
3. klinische effecten (morbiditeit);

ad 1. Hinder

Hinder kan optreden als gevolg van waarneembare zaken zoals het zien van "beestjes" of de gevolgen van aantasting van materialen door plaagdieren (muizen) of door schimmels (groene vlekken op het behang). Ook hinder van geuren van bijvoorbeeld schimmels of van urine van plaagdieren valt hieronder.

Een andere vorm van hinder is de terugkerende ergernis dat men er niets aan kan doen, de machteloosheid van het steeds weerkerende.

Ook kan hinder ontstaan door angstgevoelens over het niet kennen of niet kunnen inschatten van negatieve effecten van biologische agentia op de gezondheid.

ad 2. Subklinische effecten

Deze kunnen onder andere ontstaan ten gevolge van culminerende hinder en machteloosheid. Een andere oorzaak is waarschijnlijk de invloed van vluchtige metaboliëten van bijvoorbeeld schimmels of bacteriën; deze producten zouden verantwoordelijk zijn voor geurklachten, maar ook voor klachten als misselijkheid, hoofdpijn, sufheid en andere diffuse klachten.

Ook de vage lichamelijke klachten veroorzaakt door lichte infecties of door allergische reacties, die (nog) niet leiden tot herkenbare klinische beelden, vallen hieronder.

ad 3. Klinische effecten

Voor het beoordelen van klinische effecten van biologische agentia is het niet altijd mogelijk uit te gaan van dosis-effect relaties. Dit geldt vooral voor de klinische effecten van allergenen. Een mogelijke benadering is om via klinisch-epidemiologische gegevens enig inzicht te verkrijgen in de grootte-orde van de morbiditeit ten gevolge van bio-agentia. De mate van de invloed of de belangrijkheid (relatief) van bijvoorbeeld allergenen zou kunnen blijken uit bestudering van literatuurgegevens over de percentages positieve huidreacties op verschillende "home-bound" aero-allergenen in goed gedefinieerde klinische populaties. Het zou hier dan vooral gaan om allergische reacties bij CARA- of astma-populaties. Epidemiologische gegevens over effecten van aero-allergenen type III, allergische alveolitis, zijn uiterst schaars, zo niet onbekend.

Een andere benadering is om via de weg van de blootstelling of de voorwaardelijkheidscriteria van het bron-organisme, bijvoorbeeld vochtige woningen, in samenhang met de gevoeligheid van de betreffende populatie, een schatting te maken van de mate van het voorkomen van het effect.

3.7 Indeling van biologische agentia naar effecten of werkingsmechanisme

Indeling van biologische agentia naar de aard van de effecten of hun werkingsmechanisme is in principe mogelijk, doch er dient dan rekening te worden gehouden met het beschouwingsniveau van het agens. Van belang is hierbij de (deeltjes)grootte en de aard van het agens en de mate van "eindstandigheid" van het agens in de keten: bron-organisme, (sub-)product, werkzame stof (moleculair niveau of levende cellen). Op hoger niveau van bron of agens is clustering echter moeilijker.

De volgende clusters zijn te maken (tabel 3.2):

1 - aero-allergenen type I (atopische allergenen)

Dit zijn bio-agentia die allergische reacties kunnen veroorzaken bij personen met een allergische constitutie. Deze reacties berusten op een aangeboren afwijking van het immuunsysteem (allergie type I). Het mechanisme berust op een antigeen-antistof reactie van bijzondere aard.

Een antigeen is een stof (bio-agens) die in staat is om een immunologische reactiviteit tegen zichzelf op te wekken. Bij allergenen als bijzondere vorm van antigenen kunnen mediators een belangrijke rol spelen.

Een antistof is een eiwit, aangeduid als immunoglobuline, met het vermogen om een specifieke binding aan te gaan met een bepaald antigeen. Indien er sprake is van een antistof die bij allergie type I (atopie) in het lichaam betrokken is, spreken we over atopische (allergische) reagents of immunoglobuline E (IgE).

De antigeen-antistof (IgE) reactie maakt stoffen vrij in het blootgestelde orgaan (bijv. slijmvlies van de luchtwegen) waarbij lokale effecten optreden.

Deze processen kunnen zich tenslotte uiten in astma(tische klachten) of rhinitis. Kenmerkend voor de allergie type I reactie is dat effecten praktisch direct na blootstelling aan het antigeen kunnen optreden en dat vooral de specificiteit van het antigeen een grote rol speelt, minder dan de kwantiteit. Met andere woorden: anders dan bij de meeste fysische en chemische agentia is het niveau van blootstelling (de concentratie of intensiteit) aan atopische allergenen van minder belang bij de risicoschatting.

Aangenomen wordt dat een allergische predispositie (constitutie) bij ongeveer 5 à 10% van de bevolking aanwezig is. Bij jeugdigen is dit percentage hoger dan bij volwassenen.

In deze cluster die gevormd wordt op basis van dit werkingsmechanisme en de hierbij optredende effecten zoals allergisch astma en allergische rhinitis vallen:

- antigenen van (producten van): mijten, schimmels, bacteriën, pollen, menselijke en dierlijke huidschilfers, insecten, vogels.

2 - aero-allergenen type III

Een ander werkingsmechanisme van bio-agentia op de mens is de antigeen (allergeen)-precipitine reactie (Arthus respons).

Precipitine is een antistof die in staat is om met een opgelost antigeen een niet-oplosbaar immuuncomplex te vormen (precipiterende antilichamen). De predisponerende factoren zijn hierbij onbekend. Reacties van dit type kunnen dus in principe bij de gehele bevolking voorkomen. De reacties vinden vooral plaats in de bronchioli en alveoli van de long. De reactietijd is 4 à 6 uur na expositie aan het agens. De effecten uiten zich in de zogenaamde extrinsieke allergische alveolitis (zoals bijvoorbeeld boerenlong, duivemelkerslong, luchtbevochtigerslong). De deeltjesgrootte van het agens moet zeer klein zijn om in de long te kunnen doordringen. De effecten zijn vaak sterk beroepsgebonden en komen weinig voor. Gegevens over prevalentie in de totale populatie zijn waarschijnlijk niet voorhanden. In de cluster die ontstaat op basis van dit werkingsmechanisme vallen:

- antigenen (producten) van: bacteriën, vooral de thermofiele actinomyceten, sommige schimmels, uitscheidingsproducten van dieren, organisch stof.

3 - pathogenen

Kenmerkend voor de pathogenen is dat ze zich kunnen vermenigvuldigen in of op hun gastheer, volgens een gewoonlijk reproduceerbaar stramien (gastheer-parasietrelatie). De aard van deze relatie en de effecten kunnen voor ieder pathogeen sterk ver-

schillend zijn. De besmettingsweg kan respiratoir, oraal of dermaal zijn. De volgende clusters zijn te onderscheiden:

- virussen, bacteriën, protozoën, schimmels, mijten en wormen.

4 - toxinen

Reacties op toxinen kunnen in vele organen van het lichaam optreden. Clustering naar toxische werking van bio-agentia is mogelijk. Hieronder vallen:

- toxinen van bacteriën (endo- en exotoxinen), schimmels (mycotoxinen), bepaalde plantesappen (bijvoorbeeld curare, digitoxine), sappen in houtsoorten of in bladeren (bijvoorbeeld van Dieffenbachia).

5 - vluchtige metabolieten

Deze stoffen, bijvoorbeeld afkomstig van schimmels of bacteriën, kunnen stankklachten veroorzaken. Ook aspecifieke klachten als diffuse hoofdpijn en malaise kunnen hierdoor optreden. Hieronder vallen:

- vluchtige metabolieten van schimmels, bacteriën en geurstoffen van planten en dieren.

6 - beten en steken van dieren en insecten

In tabel 3.2 is de hierboven beschreven clustering van bron-organismen/agentia naar effecten en werkingsmechanismen schematisch weergegeven.

3.8 Samenvattende matrix

Als voorbeeld is voor schimmels een poging gedaan om "het veld": bron-agens-effect, in beeld te brengen (tabel 3.3).

Een dergelijke matrix of "flow-diagram" kan voor meerdere agentia of bronnen worden opgesteld. Het dient voor het meer inzichtelijk maken van de momenten waar eventuele preventieve of curatieve maatregelen kunnen aan-/ingrijpen.

3.9. Rangschikking naar schadelijkheid van biologische agentia

Een rangschikking van biologische agentia en bron-organismen kan, zoals in het voorgaande is besproken, zowel vanuit de blootstelling (paragraaf 3.9.1) als vanuit het effect (paragraaf 3.9.2) worden benaderd.

3.9.1 Rangschikking vanuit de blootstelling

Voor een rangschikking van agentia naar schadelijkheid vanuit de blootstelling aan het bio-agens moeten meerdere gegevens over de bepalende deelvariabelen worden gecombineerd om tot een maat voor het blootstellingsrisico te komen. Deze deelvariabelen zijn:

1. de mate van vóórkomen van bron-organismen (kwantitatief en kwalitatief) in de totale populatie, in deelpopulaties, of in huishoudens (woningen). Dit wordt onder meer bepaald door de mate van vóórkomen van eventuele groeibevorderende c.q. bepalende determinanten (vocht, temperatuur, voedsel);
2. de mate van vóórkomen van emissie en verspreiding bevorderende omstandigheden;
3. de mate van de potentiële schadelijkheid (toxiciteit of allergeniciteit) van de bio-agens;
4. de mate van blootstelling aan concentraties van bio-agentia.
5. de mate van de opname van het bio-agens door het receptoror-

gaan, uitgedrukt in bijvoorbeeld de depositiekans in de luchtwegen.

Ad 1 Vóórkomen van bron-organismen

Gegevens over het vóórkomen van bron-organismen in woningen zijn slechts in beperkte mate voorhanden. Over het voorkomen van huisdieren in woningen zijn alleen uit enkele epidemiologische studies over woning en astma gegevens voorhanden. Het CBS heeft alleen gegevens over hondenbelasting.

Misschien is via de beroepsvereniging van dierenhandelaren iets bekend over de verspreiding van verschillende huisdieren. Over het voorkomen van verschillende schimmel- en mijtensorten in woningen zijn in enkele publicaties gegevens te vinden. De meeste gegevens betreffen percentages woningen waarin bepaalde bron-organismen (soorten) zijn aangetroffen. Ook komen opsommingen voor in rangorde van meest aangetroffen soorten.

Voor het schatten van de mate van voorkomen in woningen is het noodzakelijk om met een globale indeling, bijvoorbeeld in vijf klassen, of met relatieve scores te werken. Deze scores zijn te relateren aan het percentage woningen waarin het bron-organisme is aangetroffen. Omdat men veelal genoodzaakt is een grove schatting te maken, vanwege het niet voorhanden zijn van getalsmatige gegevens, is een aansluiting van de scores aan het taalgebruik noodzakelijk.

Gekozen is voor een vijfpunts schaal, scores 1 t/m 5, waarbij de relatie met getalsmatige gegevens (percentages) niet lineair is, doch in zekere mate rekening houdt met een normale verdeling (cumulatieve S-curve). Dit ondervangt het probleem dat "helemaal nooit" en "altijd en overal" in feite geen reële situaties zijn. De scores 1 en 5 voor respectievelijk "nooit" en "altijd" of "geen" en "overal" hebben een zekere bandbreedte (5%) en vallen dus niet samen met 0% en 100%.

Scores voor mate van vóórkomen

score	omschrijving	%
1.	komt zelden of nooit voor (incidenteel)	0 - 5
2.	komt weinig of in mindere mate voor	5 - 30
3.	komt regelmatig tot matig veel/vaak voor	30 - 70
4.	komt veel/vaak voor	70 - 95
5.	komt algemeen of overal voor (ubiquitair)	95 - 100

Voorbeeld:

Voor huisdieren kunnen de scores er dan bijvoorbeeld als volgt uitzien:

Nederlandse woningen	met	huisdieren	score 4	(70 à 80%)
"	"	zonder	" 2	(20 à 30%)
"	"	met	honden	" 3 (30 à 35%)
"	"	"	katten	" 2 (25 à 30%)
"	"	"	vogels	" 2 (25 à 30%)
"	"	"	knaagdieren	" 2 (15 à 20%)

Voor schimmels en mijten (alle soorten) zou de score dan 5 worden (komen algemeen voor).

Voor de verschillende soorten mijten, schimmels en andere bron-organismen is op analoge wijze uit literatuurgegevens een score te bepalen.

De mate van de aanwezigheid van groei bevorderende of aanwezigheid bepalende omstandigheden is op analoge wijze in scores uit te drukken: bijvoorbeeld ten aanzien van schimmels en mijten:

1. zeer droge woningen
2. matig droge woningen
3. matig vochtige woningen
4. vochtige woningen
5. zeer vochtige woningen.

Of wanneer het huisdieren of organisch materiaal betreft:

score locaties

1. binnenstadslocatie
2. buitenwijk, woonwijk
3. stadsparken in omgeving
4. landelijke omgeving, bossen
5. boerderijwoning, agrarische omgeving.

Omdat vocht een obligate voorwaarde is voor mijten en schimmels, kunnen de groeibevorderende situaties (vochtige woningen) in verband worden gebracht met de effecten (literatuur is voorhanden). Zo is een schatting mogelijk van het aantal patiënten met huisstofmijtenatopie (atopisch-astma), via een schatting van het aantal vochtige woningen. (Het agens zelf wordt dan eigenlijk "overgeslagen").

De scores voor deze bepalende omstandigheden worden niet in eerste instantie gebruikt voor de selectie van bio-agentia. Pas in de fase van de risicoschatting kunnen deze gegevens een rol spelen in de informatieset.

Ad 2 Bevorderende omstandigheden

De mate van de emissie en verspreiding bevorderende omstandigheden kan in een score worden uitgedrukt, afhankelijk van het beschouwde organisme/agens.

Voorbeeld:

score (voor huisdieren)

1. huidschilfers zitten vast (bijvoorbeeld lanoline bij schaap)
2. dier is buiten (paard, koe)
3. normale productie (mens)
4. verhoogde afgiftekans
5. door bewegen veel productie (vogels).

Ad 3 Potentiële schadelijkheid

De potentiële sterkte of potentie is van de meeste allergenen (bio-producten) bekend. Voor pollen, huidschilfers, schimmels en mijten is bekend welke verdunningen er nodig zijn in een suspen-

sie van 1 ml, om 1 equivalente allergeen eenheid (1E) te bevatten. De sterkste verdunning van een bepaald allergeen in suspensie bevat dus bij 1E het sterkste allergeen (de grootste potentie). De relatieve potentie van de verschillende allergenen is te karakteriseren of uit te drukken in de absolute waarde van de exponent (n) van het verdunningspercentage ($10^{-n}\%$). Deze exponent geeft dan de scores (1 t/m 5) volgens een logaritmische schaal.

Voorbeeld voor huidschilferallergenen

score	verdunning % bij 1E	bron-organisme
1.	0,1	mens ('Leidse' standaard)
2.	0,01	hond, muis, koe, varken
3.	0,001	konijn, rat
4.	0,0001	paard, kat, cavia, hamster (graspollen, mijtenkweek (D_p))
5.	0,00001	extreem (bijv. visextract)

Ook voor verschillende soorten mijten, schimmels, pollen e.d. is op identieke wijze een score voor de allergeenpotentie te bepalen, als indicator voor een kwalitatieve en kwantitatieve effectvoorspelling.

Ad 4 Blootstelling

De mate van blootstelling aan bepaalde (gekende) concentraties van bio-agentia is bij aero-allergenen moeilijk omdat hier in mindere mate een kwantitatief verband, maar meer een kwalitatief verband is tussen dosis en effect.

Bovendien zijn de in de literatuur gevonden concentraties vaak specifiek voor een bepaalde situatie dan wel zijn er geen omstandigheden bekend.

Ad 5 Opname

De kans dat een bepaald bio-agens (pollen, schimmelsporen, huidschilfers, bacteriën, stofdeeltjes) binnendringt in het

ademhalingssysteem en aldaar kan deponeren, wordt voornamelijk bepaald door de deeltjesgrootte in de inademingslucht. Op basis van experimenten en theorie is bekend welke deeltjes van een bepaalde (aerodynamische) diameter in welke gedeelten van het ademhalingssysteem kunnen doordringen, dan wel kunnen deponeren. (zie o.a. Task Group on Lung Dynamics, 1966: Depositie arealen en Technical Report ISO/TR 7708-1983 (E).

Tegen de achtergrond van deze kennis over de depositie van deeltjes in de verschillende delen van de luchtwegen is een indeling te maken naar deeltjesgrootten. Hierbij is uitgegaan van een indeling naar potentiële depositie- en retentiekans van het betreffende orgaan, dus ongeacht de potentiële schadelijkheid (toxiciteit of allergeniciteit) van het deeltje zelf.

Mogelijke indelingen zijn:

A. score	orgaan	deeltjesgrootte (aerodyn.µm)
1	neus	150 - 50
2	bovenste luchtwegen	50 - 5
3	alveolen	5 - 0,5
4	" (bijzonder grote aantallen prikkels)	< 0,5
B. 1	neus/keel	100 - 20
2	strottehoofd/bronchiën	20 - 5
3	alveolen	< 5
C. 1	huidige afspraak: PM10	> 10
2	(particulate matter diameter 10 µm) ≈ 50% cut off point	< 10

Een probleem bij een klassificatie naar deeltjesgrootten is dat men wèl naar depositie- of retentiekans onderscheidt in de opvolgende delen van het ademhalingsstelsel, maar dat dit niet hoeft te betekenen dat hiermede ook een maat is gegeven voor

de schadelijkheid van de verschillende deeltjesgrootten in het betreffende areaal.

Dit aspect zal in de informatieset per agens nader worden gedetailleerd.

Samenvattende integrale rangschikking vanuit de blootstelling

De bepaling van de totale score voor de rangschikking van een bio-agens, vanuit de blootstelling, wordt verkregen door het product van de deelfactoren die de rangschikking beïnvloeden: vóórkomen x omstandigheid x potentiële schadelijkheid x respirabiliteit (depositiekans).

Voorbeeld: huidschilfers van mensen

	score	
vóórkomen	5	
omstandigheid	3	
potentie	1	
depositie	2	
		product is 30

voorbeeld: huidschilfers van katten

	score	
voorkomen	2	
omstandigheid	5	
potentie	4	
depositie	2 (?)	
		product is 80

Op deze wijze is voor alle bio-agentia een rangorde te bepalen vanuit de blootstelling.

3.9.2 Rangschikking vanuit de effecten

Bepaling van een rangorde van bepaalde bio-agentia kan worden afgeleid uit epidemiologische gegevens over het voorkomen van

bepaalde effecten, ziekten of symptomen bij de totale bevolking, bij deelpopulaties of in klinische populaties.

De moeilijkheid is hierbij dat lang niet altijd vaststaat of er een direct causaal verband bestaat tussen het optredende fenomeen (ziekte) en het "veroorzakende" (bio-)agens.

Toch is van enkele ziekten c.q. symptomen bekend dat hierbij in sterke mate sprake is van exogene oorzaken. Astma, rhinitis en ook wel CARA vallen onder deze categorieën en dan wel voornamelijk de vormen die berusten op een allergie voor bio-agentia (allergenen). Met behulp van epidemiologische gegevens over deze ziekten is een schatting te maken van het voorkomen van de verschillende vormen van deze ziekten in de populatie.

Een tweede stap is om een verdere uitsplitsing van de gegevens te verkrijgen naar etiologisch agens. Met name voor de allergische populatie met CARA, astma en rhinitis zijn gegevens bekend over de verdeling van de positieve huidreacties op verschillende aero-allergenen. Deze gegevens komen vooral uit studies van klinische populaties, waarbij de atopisatiegraad (d.w.z. de mate waarin allergie voorkomt) van de onderzochte populatie een belangrijk gegeven is.

Gedifferentieerde analyses van dergelijke populaties leveren gegevens voor het maken van een schatting van de relatieve betekenis van verschillende bio-agentia (allergenen). Combinatie van deze relatieve gegevens met gegevens over het voorkomen van de deelpopulaties in de totale bevolking geven een beeld van de rangorde naar schade van bepaalde bio-agentia.

Of de langs deze weg verkregen resultaten consistent zijn wordt dan weer getoetst aan de resultaten van de rangordening vanuit de blootstelling.

3.10 Risicoschatting biologische agentia

Opstellen informatiesets

In paragraaf 3.9 is beschreven op welke wijze een rangordening kan worden opgesteld van bio-agentia naar de mate van schadelijkheid. Hieruit zal een selectie worden gemaakt van de meest schadelijke agentia, bijvoorbeeld de eerste vijf of tien.

Van deze geselecteerde agentia worden in een volgende fase gedetailleerde gegevens verzameld en verwerkt in de zo geheten informatiesets. Deze sets zijn op te vatten als "mini-criteria-documenten", waarin per agens een beredeneerde schatting wordt gemaakt van de risico's voor de totale populatie of voor deelpopulaties (zie ook tabel 3.3 als "onderlegger"). Deze sets beogen dus een gekwantificeerd antwoord te geven op de vraag hoevelen in welke situatie, door welk agens, hoe ernstig worden geschaad (de risicoschatting).

Bovendien zal in de informatiesets worden aangegeven middels welke maatregelen de risico's van de respectievelijke (geselecteerde) agentia kunnen worden verkleind, dan wel worden weggenomen. Met andere woorden: de beheersbaarheid van de effecten zal worden aangegeven.

Rangordening van risico's

In de laatste fase tenslotte zullen de verschillende risico's naar aard, soort en grootte in rangorde worden geplaatst. Op basis van deze laatste rangordening van risico's van bio-agentia kunnen beleidskeuzen worden gedaan voor het nemen van preventieve of curatieve beheersmaatregelen.

Tabel 3.1 Matrix van bronnen, omgevingsfactoren en bio-agentia.

	bio-agentia/bron-organismen									
	virussen	protozoën	bacteriën	schimmels(sporen)	mijten	insecten (allergenen)	huidschilfers	vogelantigeen	pollen	organisch stof
<u>bron/vector</u>										
mensen	X		X	X	X		X			
zoogdieren	X	X	X	X	X		X			
vogels	X	X	X	X	X		X	X		
insecten						X				
planten				X					X	
<u>habitat</u>										
lucht	X		X	X				X	X	
huisstof			X	X	X	X	X	X	X	X
materialen				X						
a.c. installaties		X	X	X						
<u>beïnvloeding</u>										
bouw/vocht				X	X					
bouw/ventilatie		X							X	
alg. hygiëne	X	X	X	X						
huishouding					X	X	X			
gedrag				X	X		X			
seizoenen				X	X				X	
	(aanzet ten behoeve van rangordening)									

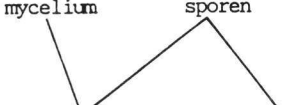
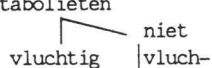
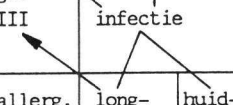
Tabel 3.2 Clustering van bron-organismen en biologische agentia naar effecten en werkingsmechanismen (in een later stadium kan door weging m.b.v. scores een rangordening worden bepaald)

clusters						
effecten	allerg. astma rhinitis	extrinsic allerg. alveolit.	infectie ziekten	intoxi- catie	aspecif. klachten	laesies
"target- organ"	lucht- wegen	longen	luchtwg. huid organen	organen	-	huid
werkings- mechanis- me	allergie type I	allergie type III	infectie	toxisch	sensitief	trauma- tisch
agens- cluster	allergen. I	allergen. III	pathogen.	toxine	vluchtige stoffen	beten steken
bron/organismen						
→ virussen			X			
→ protozoën		X	X			
→ bacteriën	X	X	X	X		
→ schimmels	X	X	X	X	X	
→ mijten	X		X			
→ insecten	X					X
• dieren	X				X	X
• mensen	X				X	
• vogels	X	X				
• planten	X			X	X	
• org.prod.		X				

Tabel 3.3 Aspecten, nodig voor het opstellen van een informatieset.
Als voorbeeld is het bioagens schimmels gekozen.

bron-organisme

SCHIMMELS

bron/vector	natuur, inwaaai, mens en dier (transporteur)					
voórkomen	ubiquitair; in woningen afhankelijk van substraat en klimaat					
Genera, Species (groepen)	hygrofiel xerofiel	thermofiel	o.a. gisten		hygrofiel	
diameter spore	2-25 µm	2-10 µm	p.m.		p.m.	
preferente habitat	vochtig materiaal	luchtbevochtigers (a.c.)	mens en dier		voedings- middelen	
voedsel	organisch materiaal					
temperatuur relat.vochtigh.	0-30°C 70-95%	20-60°C 80-100%	p.m. p.m.		p.m. p.m.	
emissie uit substraat	mycelium sporen 		metabolieten 			
agentia	antigeen sporen 		geosmine		niet vluchtig myco- toxi- nen	
transport	opwerveling, lucht		contact		lucht	voedsel
"target-organ"	bronchi	longen	huid		onbekend	o.a. lever
reactie- mechanisme	allergie type I	allergie type III	infectie 		sensorisch?	nieuw- vorm
effecten	astma rhinitis	extr.allerg. alveolitis	long- mycose	huid- mycose	diffuse klachten	o.a. lever c.a.
voórkomen	0,5-1% bevolking	zelden	zelden	vrij alge- meen	waarsch. regelma- tig	zelden
risicogroepen	allergici, bewoners vochtige woningen	agrariërs, kantoor- personeel	agra- riërs, indu- strie	tot. be- volk.	bewoners vochtige woningen	voedings- middelen- industrie

4. FYSISCHE AGENTIA

4.1 Inleiding

De fysische agentia die hier aan de orde komen, zijn geluid, thermische factoren, licht, niet-ioniserende en ioniserende straling.

Vocht, als voorwaardenscheppende factor voor het ontstaan van organismen of emissies wordt ook onder de fysische agentia gerubriceerd. En tenslotte zullen geur en na depositie waarneembaar (grof) stof ook in de hiervolgende beschouwing worden opgenomen, ofschoon ze in feite eigenschappen zijn van biologische en chemische agentia.

De hier genoemde fysische agentia en wat daarbij wordt betrokken verschillen van de chemische en biologische agentia qua abstractieniveau en aard. Vaak worden ze in termen van stimuli in plaats van agentia beschreven.

Kenmerkend voor de fysische agentia of stimuli is voorts dat ze in feite per definitie ubiquitair vóórkomen.

Een ander verschil met de chemische en biologische agentia is dat fysische agentia op min of meer doelbewuste wijze kunnen worden 'gebruikt' ter optimalisering van het 'wooncomfort'*, al naar gelang de individuele- of groepsvoorkeur.

Door bovengenoemde kenmerken en door hun beperkte aantal wordt anders, dan bij de chemische en biologische agentia een voorselectie naar relevantie van de onderscheiden fysische agentia en wat daarbij wordt betrokken niet noodzakelijk geacht.

* Onder 'wooncomfort' wordt verstaan: "een bundeling van noodzakelijke eigenschappen, die een woning moet bezitten om te voldoen aan de aan het woonproces verbonden lichamelijke en geestelijke behoeften van bewoners" [6].

4.2 Fysische agentia in het binnenmilieu

In de inleiding is reeds naar voren gekomen dat de fysische agentia of stimuli in principe altijd aanwezig zijn in het binnenmilieu van woningen. In feite geldt dit ook voor het binnenmilieu in niet-industriële gebouwen als kantoren.

Hun aanwezigheid wordt evenwel niet altijd waargenomen omdat bij de mens zintuigen daarvoor ontbreken of onvoldoende functioneren, of omdat de sterkte (of concentratie) van de agentia of stimuli te gering is.

De mate waarin mensen zijn blootgesteld aan de agentia of stimuli verschilt afhankelijk van:

- het vóórkomen (of optreden) van bronnen of oorzaken;
- de aard van de blootstelling in de tijd;
- de al of niet gewenste intensiteit van de 'emissie' en verspreiding vanuit de bronnen;
- de situering van de bronnen en oorzaken (binnen of buiten de woning);
- de afschermdende werking van de 'schil', indeling of voorzieningen van of in de woningen.

In de tabel 4.1.A worden de fysische agentia of stimuli nader onderscheiden en wordt een globale aanduiding gegeven van de bronnen die binnenshuis van toepassing zijn.

Ofschoon de stimuli geur en (zwevend of gedeponeed) waarneembaar stof strikt genomen geen fysische stimuli zijn, maar eigenschappen van chemische en biologische agentia, spelen ze bij de 'integrale perceptie' van het binnenmilieu een belangrijke rol juist doordat ze zintuiglijk worden waargenomen. Daarom en omdat dosis-effect en dosis-respons relaties kunnen worden vastgesteld met betrekking tot intensiteit en hinderlijkheid, zoals dat ook het geval is met licht en geluid, worden geur en zichtbaar stof aan de tabel toegevoegd.

Tabel 4.1.A Fysische agentia of stimuli en bronnen of oorzaken daarvan

<u>fysische agentia/stimuli</u>	<u>bronnen/oorzaken</u>
<u>geluid/trillingen:</u>	
(mechanische) trillingen, infra-, ultrageluid hoorbaar geluid	gebouw toestellen (installaties), mensen, dieren
<u>niet-ioniserende straling:</u>	
radiofrequente straling en micro- golven infrarood zichtbaar licht ultraviolet	magnetische velden van de aar- de, electrotechnische installa- ties en toestellen, zon, kunst- verlichting daglicht
<u>ioniserende straling:</u>	
röntgen (X), gamma (γ)straling	electro magnetische straling
deeltjes straling (α, β ,)	zon, kunstverlichting kosmos, toestellen bodem, (bouw)materialen
<u>luchtionisatie:</u>	
positieve-negatieve ionenbalans	activiteiten mens/dier, stof bodem, bouwmaterialen, airconditioning, weersgesteld- heid (?)
<u>thermische factoren:</u>	
luchttemperatuur, stralingstemperatuur, (relatieve) luchtsnelheid	zon, toestellen en voorzie- ningen, wensen/activiteiten bewoners, bouwmaterialen, bouwconstructie
<u>vocht:</u>	
luchtvochtigheid (RV) condensatievocht optrekkend/doorslaand vocht	wensen/activiteiten bewoners grondwater bouwconstructie
<u>geur:</u>	emissie uit materialen
<u>zichtbaar (grof) stof:</u>	degradatie van materialen

In tabel 4.1.B zijn per agens of stimulus de (fysische) grootheden aangegeven die doorgaans worden gehanteerd. Tevens is vermeld in hoeverre deze agentia voor mensen zintuiglijk waarneembaar zijn. Voor de waardering van een agens is de zintuiglijke waarneembaarheid immers een essentiële voorwaarde.

Tabel 4.1.B Fysische agentia of stimuli, gekarakteriseerd in effect-relevante dosiseenheden en waarneembaarheid

<u>stimulus</u>	<u>dosiseenheid</u>	<u>waarneembaarheid (sensorbereik)</u>
mechanische trillingen	KB(in m/s^2)	bereik 0,1 - 80 Hz $5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ bij 1 Hz
geluid	dB(A)	bereik 50 - 15000 Hz 0 dB bij 1000 Hz
radiofrequente straling en microgolven	mW/cm^2 , W/kg	niet waarneembaar
optische straling	W/cm^2 of J/cm^2	zichtbaar licht en warmtestraling
ultraviolette straling	W/cm^2 (J/s/cm^2)	niet waarneembaar
ioniserende straling	Bq/kg of Bq/m^2 of Sv	niet waarneembaar
magnetische velden	Tesla of Amp/m	niet waarneembaar
electrische velden	V/m	bij veldsterkte boven 5 à 10 kV/m waarneembaar
licht, verlichting	Lux J/s/cm^2	opvallend licht: 380 (violet) - 780 (rood) nm ($6 \cdot 10^{14}$ - $8 \cdot 10^{14}$ Hz)
statische electriciteit	kV	schokervaring bij ontlading
luchtionisatie	pos./neg. ionen/ cm^3	niet waarneembaar
luchttemperatuur	$^{\circ}\text{C}$	} 0,5-3 K (bij temp.verandering van respect. 0,1-0,01 K/s) > 0,05 m/s
stralingstemperatuur	$^{\circ}\text{C}$	
luchtsnelheid	m/s	
vochtgehalte/dampconcentratie	g/kg of g/m^3	niet waarneembaar
relatieve vochtigheid	%	beperkt waarneembaar
waarneembaar stof	$\text{g/m}^2/\text{h}$ of %/opp. of g/m^3	onderscheidingsvermogen oog > 50-100 μm op leesafstand > 1-2 mm op 5-7 m. afstand
geur	ou/m^3 of olf	geurwaarneembaarheidsdrempel, verschilt per geurstof

4.3 Effecten van fysische agentia

Het waarnemen of opmerken van een agens of stimulus kan worden beschouwd als het eerste effect of de reactie op een blootstelling. Zodra iemand een agens waarneemt (direct zintuiglijk, of indirect via attendering) wordt deze al of niet bewust geïnterpreteerd. Dit proces van waarneming en eerste interpretatie wordt met de term perceptie aangeduid.

De perceptie van fysische agentia is afhankelijk van:

- zintuiglijk waarnemingsvermogen;
- de mate en aard van de blootstelling;
- kennis of opvattingen over positieve of negatieve effecten;
- de mate waarin (andere) aspecten van de bron of oorzaak van het agens wenselijk of nuttig worden geacht;
- de mate waarin het agens beïnvloedbaar of vermijdbaar is.

Is de perceptie van een agens of stimulus te beschouwen als een per definitie optredend effect, dit geldt niet voor de volgende reeds in de inleiding vermelde vijf niveaus van ongewenste gezondheidseffecten door fysische agentia.

Hinderreacties en comfortaantasting

In samenhang met het vóórkomen van met name zintuiglijk waarneembare fysische agentia kunnen drie vormen van effect worden onderscheiden, te weten klachten, niet specifieke hinder en specifieke hinder.

Klachten worden beschouwd als kwalitatieve uitingen van onvrede die iemand op grond van zijn eigen beslissing naar buiten brengt.

Niet-specifieke hinder kan worden gedefinieerd als een gevoel van onbehagen dat algemeen van aard is en invloed heeft op het algemene gevoel van welbevinden.

Specifieke hinder is hinder die ervaren wordt als men bij het verrichten van bepaalde activiteiten wordt gestoord.

Daarnaast kunnen, als reactie op zowel waarneembare als niet waarneembare agentia of stimuli en/of onafhankelijk van de mate van blootstelling, gevoelens van hinder en angst optreden die ontstaan door het kennen of niet-kennen, niet vertrouwen, het niet kunnen inschatten of het zelf interpreteren van effecten op de gezondheid.

Tenslotte kunnen, onafhankelijk van de mate en aard van blootstelling, uitingen van hinder ook samenhangen met onvrede over andere aspecten van de leef- en werksituatie.

De omvang van de hindereffecten kan worden onderzocht en aangeduid in termen van percentages van (eventueel nader geselecteerde) populaties. Overigens is uit onderzoek gebleken dat het percentage mensen dat klaagt aanzienlijk lager kan zijn dan het percentage feitelijk gehinderden.

De ernst van de diverse vormen van ondervonden hinder kan op individueel of collectief niveau met behulp van hinderschaal-technieken en indexmaten worden vastgesteld.

Voorts kan op basis van vastgestelde dosis-respons relaties als de dosis bekend is per populatie een schatting worden gemaakt van het aantal gehinderden en de ernst van de hinder.

Subklinische en aspecifieke gezondheidsklachten

Blootstelling aan een fysisch agens, vaak in combinatie met biologische en chemische agentia, kan leiden tot gezondheidsklachten zoals hoofdpijn, irritaties van de huid, ogen, neus en keel, overmatige vermoeidheid, misselijkheid, benauwdheid en metabole problemen.

Een probleem is dat deze klachten meestal niet unicausaal zijn, niet sterk correleren met de mate van blootstelling en ook psychosomatisch van aard kunnen zijn, samenhangend met continue

ergernis en machteloosheid jegens de (vermeende) bron of oorzaak van een agens of stimulus, of, zoals ook bij de hindereffecten is geconstateerd, met onvrede over de leef- en werksituatie in z'n algemeenheid.

Complementair aan de verwachtingen op basis van dosis-repons relaties kan een indicatie van de omvang van aan het binnenmilieu in woningen te relateren subklinische gezondheidsklachten wellicht verkregen worden uit gegevens van registratiesystemen van huis- en bedrijfsartsen of over het medicijngebruik. De koppeling van deze gegevens aan (fysische, chemische en biologische) kenmerken van woningen ontbreekt evenwel of is in een aantal gevallen ten hoogste zeer beperkt aanwezig.

Klinische gezondheidseffecten

Als gevolg van blootstelling aan de fysische agentia geluid, ioniserende straling, niet-ioniserende straling (inclusief het zichtbare licht) en thermische factoren kunnen zowel herstelbare als niet herstelbare klinische effecten optreden.

Uit epidemiologisch onderzoek, laboratoriumexperimenten, dierexperimenteel onderzoek en in vitro toxiciteitsonderzoek zijn gegevens beschikbaar over de aard en reversibiliteit van de effecten bij een gegeven mate van blootstelling. Deze gegevens zouden in principe, maar met dezelfde beperkingen die gelden op het subklinische niveau, kunnen worden gerelateerd aan landelijke ziektegegevens per populatie.

De mate van blootstelling aan de zintuiglijk waarneembare fysische agentia waarvoor met het oog op de kans op klinische effecten reeds drempelwaarden zijn vastgesteld (zoals met betrekking tot het geluid) zal evenwel in het binnenmilieu van woningen (en kantoren) zelden of nooit opteden. Dientengevolge zal het aantal mensen met klinische gezondheidseffecten die direct samenhangen met bovengenoemde zintuiglijk waarneembare agentia naar verwachting zeer beperkt zijn (hetgeen overigens

niet wegneemt dat indirecte effecten, ten gevolge van bijvoorbeeld frequente slaapverstoring door geluid, voorstelbaar zijn). De omvang van klinische effecten door fysische agentia of stimuli waarvoor geen drempelwaarden worden gehanteerd, zoals voor lange termijn carcinogene effecten, wordt ingeschat op basis van de blootstellingsniveaus en risicofactoren.

Behalve de emissie vanuit de bron spelen hierbij ook omstandigheden als het ventilatievoud van en de aerosolen- en stofdeeltjesconcentratie in een ruimte een rol.

In [7] wordt geschat dat, bij aanname van een risicofactor van 1.10^{-3} per Sv*, in Nederland 2,6 per 100.000 inwoners aan longtumor overlijdt door blootstelling binnenshuis aan ioniserende gammastraling uit bouwmaterialen ($0,5.10^{-5}$) en aan radon(dochters) ($2,1.10^{-5}$). Dit is 4 à 5% van het totale aantal jaarlijkse longtumorgevallen.**

Met uitzondering van de agens ultra-violette straling [9] is nog onvoldoende kennis aanwezig over de kans op en de aard van effecten die mogelijk samenhangen met andere niet-zintuiglijk waarneembare agentia. Voor de Nederlandse situatie is het individuele risico op verschillende vormen van huidkanker door blootstelling aan UV-straling berekend op $(0,5-2,5)10^{-5}$ per jaar [9].

* Ten behoeve van de schatting van risico's op fatale kanker door radioactieve straling wordt gebruik gemaakt van het begrip "effectieve dosisequivalent", uitgedrukt in de eenheid Sievert (Sv). Het effectief dosisequivalent is de in het menselijk lichaam over zekere tijd geabsorbeerde stralingsdosis "gewogen" over de verschillende organen en weefsels, waarbij tevens rekening wordt gehouden met de soort straling.

** Wanneer uitgegaan wordt van de risicofactor van 2.10^{-2} fatale longkankers per Sv (Sievert) die in 1987 in Como door de International Commission on Radiological Protection (ICRP) [8] is aangenomen en algemeen wetenschappelijk wordt aanvaard, dan is naar verwachting het aantal van dergelijke longtumorgevallen hoger.

Er is onderzoek gaande naar gezondheidsklachten als gevolg van het werken bij kunstverlichting met een atypische spectrale verdeling.

Onderzoek naar dosis-effect relaties tussen (electro-)magnetische straling in het frequentiebereik van 50 Hz (hoogspanningsleidingen) tot 10^{12} Hz (radar/magnetron) en gezondheidseffecten lijkt relevant, te meer omdat naast hinder bij radio- of TV-ontvangst, sommige onderzoeken ook wijzen op een mogelijk verband tussen het vóórkomen van leukemie bij kinderen en de nabijheid van hoogspanningsleidingen [10].

Effecten als gevolg van het aantal en/of de verhouding tussen positieve en negatieve ionen in de binnenlucht zijn tot op heden niet duidelijk aangetoond.

4.4 Rangschikking vanuit de blootstelling

Zoals reeds gesteld in paragraaf 4.1 zijn de hier onderscheiden fysische agentia of stimuli alom aanwezig. Rangschikking naar voorkomen van fysische agentia is daarom niet relevant.

Wel is ten behoeve van een rangschikking vanuit de blootstelling inzicht vereist in:

- de mate van vóórkomen van bronnen of oorzaken (in de totale populatie of in een deelpopulatie);
- de mate van blootstelling aan de agens (de dosis);
- de aard van de blootstelling (als functie van de tijd).

De mate van blootstelling is sterk afhankelijk van:

- de mate van vóórkomen of de omvang van bronnen of oorzaken van een agens;
- de mogelijkheid om agentia uit een binnenruimte af te voeren (door ventilatie, reiniging of onderhoud);
- de mogelijkheid om de verspreiding vanuit de bron tegen te gaan (zonder daarbij nieuwe negatieve (gezondheids)effecten

teweeg te brengen) of te beïnvloeden ter optimalisering van de eigen wensen.

Met betrekking tot de omvang of het vóórkomen van deze nader te specificeren bronnen of oorzaken kan dezelfde scoringsprocedure worden gehanteerd als die bij de biologische en fysische agentia is toegepast:

score:	kwalificatie:	%:
1.	komt zelden of nooit voor (incidenteel)	0 - 5
2.	komt weinig of in mindere mate voor	5 - 30
3.	komt regelmatig tot matig veel/vaak voor	30 - 70
4.	komt veel/vaak voor	70 - 95
5.	komt algemeen of overal voor (ubiquitair)	95 - 100

De mogelijkheid voor de bewoners om bij een veronderstelde kennis van zaken de mate van blootstelling en de 'verspreiding' vanuit de bron of oorzaak of 'de afvoer' te beïnvloeden kan als volgt worden gewaardeerd:

score:	kwalificatie:
1.	optimaliseerbaar
2.	goed afschermbaar/afvoerbaar
3.	matig afschermbaar/afvoerbaar
4.	niet of nauwelijks afschermbaar/afvoerbaar

Bij de voorselectie van de chemische agentia naar de aard van de blootstelling wordt aan een agens meer gewicht toegekend naarmate de blootstelling langduriger is (zie paragraaf 2.2). Aangenomen wordt dat dit met het oog op de (sub)klinische gezondheidseffecten ook geldt ten aanzien van de fysische agentia of stimuli die een rol spelen in het binnenmilieu van woningen. Met name op het niveau van klachten, hinderreacties en comfort-aantasting kunnen naar verwachting de effecten van een fysisch agens ook samenhangen met intermitterende en piekbelastingen en het tijdstip van blootstelling.

4.5 Rangschikking en groepering naar effecten

Zoals reeds is aangegeven worden er vijf niveaus van ongewenste gezondheidseffecten onderscheiden:

- overlijden;
- niet-herstelbare klinische effecten;
- herstelbare klinische effecten;
- subklinische effecten;
- klachten, hinderreacties en comfortaantasting.

Clustering van de onderscheiden fysische agentia naar effecten wordt vanwege de specifieke aard van deze agentia niet zinvol geacht.

Wel is het relevant met het oog op de effecten de fysische agentia te onderscheiden naar:

- zintuiglijke waarneembaarheid;
- niet-zintuiglijke waarneembaarheid, maar met ongewenste gezondheidseffecten;
- niet-zintuiglijke waarneembaarheid en zonder ongewenste gezondheidseffecten.

In het volgende overzicht wordt per niveau of type effect aangegeven welke maat van omvang of ernst van effect (of potentiële schadelijkheid) toegepast kan worden en wat als risico van overheidswege in de woning en woonomgeving acceptabel wordt geacht.

niveau van effect	omvang/ernst van effect per populatie	acceptatiegrens (-waarden)
overlijden	grootte van kans op	10^{-6} per agens
klinisch niet herstelbaar	grootte van kans op	?
klinisch herstelbaar	snelheid van herstel in dagen of risk odd ratio*	? dagen ziek ratio > ?
subklinisch	aantal dagen per jaar symptomen of risk odd ratio	? dagen symptomen ratio > ?
hinder	mate van ernst of frequentie of risk odd ratio	? ratio > ?

* verhouding tussen de kans op ziekte en kans op niet-ziekte bij (hoge) blootstelling en niet (of lage) blootstelling.

De uitkomst in mate van omvang en ernst zal per populatie verschillen. Daarom zullen, bij de rangschikking van agentia vanuit de omvang en ernst en per niveau van effecten, steeds de representanten van de populatie waarop het effect betrekking heeft in beschouwing moeten worden genomen.

Verschillende populatiecategorieën kunnen bijvoorbeeld als volgt in rangorde van toenemende 'kwetsbaarheid' worden onderscheiden:

1. - de totale bevolking (van Nederland);
2. - mensen die te maken hebben met omstandigheden in hun woning die agens-bevorderend zijn;
3. - mensen die, naast de onder 2 genoemde omstandigheden, in de werksfeer zijn blootgesteld aan een relatief hoge belasting door een agens of stimulus;
4. - mensen met een hogere dan (uit 1 afgeleide) gemiddelde fysiologische of psychologische gevoeligheid voor een agens of stimulus;
5. - mensen die vallen onder 4 en 2;

6. - mensen die vallen onder 4 en 3.

In z'n algemeenheid kan worden gesteld dat hoe kwetsbaarder de populatie is, des te relevanter het onderzoek is naar de ernst van de effecten van fysische, biologische en chemische agentia en naar maatregelen en voorzieningen ter voorkoming van deze effecten.

Het overheidsbeleid en de regelgeving inzake het binnenmilieu in woningen en (kantoor)gebouwen dienen vooral ten behoeve van populaties met verhoogde risico's als kleine kinderen, bejaarden, gehandicapten, CARA-patiënten, allergie- en reumapatiënten, personen die lijden aan (hart- en vaat)ziekten en zwangere vrouwen gevoerd te worden. Vermeden moet worden dat ze te zeer zijn toegesneden op de 'vitale' Nederlanders en het 'modale' huisgezin in een eengezinswoning. In principe dient immers iedere woning ook bewoonbaar te zijn voor 'niet-vitalen'.

Toegespitst op effecten van fysische agentia leidt dit bijvoorbeeld tot de volgende suggesties voor onderzoek en beleid:

- de dosislimiet voor ioniserende straling zou afgestemd moeten zijn op kinderen;
- Reeds in paragraaf 4.3 is gewezen op de wenselijkheid onderzoek te verrichten naar mogelijke relaties tussen leukemie bij kinderen en laag frequente electromagnetische velden door de nabijheid van bijvoorbeeld hoogspanningsleidingen, huishoudelijke apparatuur en dergelijke.
- Bij pasgeborenen en oudere mensen of gehandicapten met een activiteitsniveau met een lage metabolische waarde bestaat een verhoogd risico voor hypothermie als de beschikbaarheid over stralingswarmte (infrarood straling) ontbreekt. Bij de keuze van verwarmingssystemen en bij de voorlichting inzake energiebesparing zou hier rekening mee gehouden dienen te worden;

- Zoals elders (onder de biologische agentia) ook reeds is aangegeven vormen vocht en (zwevend) stof in het bijzonder bij CARA- en allergiepatiënten, maar ook voor mensen met een predispositie voor deze ziekten, problemen.
- Sommige onderzoeken wijzen uit dat mogelijkerwijs in combinatie met een stofbelasting en biologische verontreinigingen, dragers van kontaktlenzen, vrouwen en oudere mensen gevoeliger zijn voor een lage relatieve vochtigheid ($RV < 40\%$).

4.6 Rangordening ten behoeve van prioriteitstelling

De rangordening van fysische agentia of stimuli naar hun risico kan ter onderbouwing van beleid, onderzoek en keuze van de beleidsinstrumenten per niveau van effect en per (risico)populatie worden beschouwd als de som of het product van:

- de mate van blootstelling als functie van de omvang of vóórkomen van bronnen of oorzaken en van de mogelijkheid om de mate van blootstelling te beïnvloeden;
- de aard van de blootstelling, waarvan het gewicht dat daaraan toegekend wordt afhankelijk is van de blootstellingsduur en het niveau van het effect;
- de mate van omvang en ernst van het effect, afgestemd op de 'kwetsbaarheid' van de blootgestelde deelpopulaties.

LITERATUUR

- [1] MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Notitie Binnenmilieu; november 1986
- [2] MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Nationaal Milieubeleidsplan 1990-1994 Den Haag, Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, nr 2137, mei 1989
- [3] MINISTERIE VAN WELZIJN, VOLKSGEZONDHEID EN CULTUUR. Health for all by the year 2000. Rapportage Nederland 1988. Volksgezondheidsreeks VR 88/7, Rijswijk, 1988
- [4] AIKING, H. & R.W. KEULEN. Effectvoorspelling M.E.R.-Aspect Gezondheid, 2e concept-rapport; IVM, Amsterdam/SCMO, Delft, december 1987
- [5] MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, RUIMTELIJKE ORDENING EN MILIEUBEHEER. Omgaan met risico's, de risicobenadering in het milieubeleid. Aangangsel bij [2], mei 1989
- [6] HEYS, W. & P. STRINGER. Wooncomfort: een conceptuele analyse. In: the Netherlands Journal of Housing and Environmental Research, 1988
- [7] HOGEWEG, B. Eindrapportage en evaluatie van het SAWORA-onderzoeksprogramma naar het achtergrondniveau van de natuurlijke straling in Nederland. Rapportnr. 23, Dir. Stralingsbescherming, Min. VROM, 1986
- [8] ACKERS, J.G. Natuurlijke radioactiviteit in de woonomgeving in Nederland. Paper in kader van de cursus Binnenmilieu in woningen en kantoren. Stichting Postacademisch Onderwijs Gezondheidstechniek en Milieutechnologie, 1988
- [9] PASSCHIER, W.F. & B.F.M. BOSNJAKOVIC. Human exposure to ultraviolet radiation. Risks and regulations. Proceedings of a Seminar, Amsterdam 23-25 March, 1987. In: Excerpta Medica, International Congress Series 744
- [10] SHEPARD, M. EMF, The Debate on Health Effects. In: EPRI Journal, October/November 1987

B I J L A G E N

Informatieset per agens/stimulus

1. Eigenschappen

Type (fysisch, chemisch, biologisch)

Vormen van voorkomen

Synoniemen, registratienummers (CAS, ER stofnummer, RTECS)

2. Oorzaak/bronnen en emissies

Categorie (buitenpandig, casco, inpandig)

Woningkwaliteit (vocht, ventilatiemogelijkheden, daglicht, afvoer verbrandingsgassen, (geluid-)isolatie, onderhoudsmogelijkheden en -toestand). (emissie-)bron (materieel: bouw-materiaal, inrichting, installaties, buitenmilieu, reinigingsmiddelen), aard van de emissie (continu, discontinu). Gedrag (huisdieren, roken, huishouden, ventileren).

Voorwaarden scheppende situaties voor emissie (respectievelijk blootstelling), omvang van bronnen en gedragingen.

3. Verspreiding en gedrag

Gedrag in lucht (verspreiding, vector, depositie, re-emissie)

Gedrag in biota (opnametracees, interne blootstellingsroute)

4. Blootstelling/belasting

Concentratie (ppm), belasting (dB(A)), biotoop of KVE (binnenlucht, buitenlucht, drinkwater, voedsel)

Blootstelling in de tijd, continu, discontinu (percentielwaarden, pieken) meetstrategie (hoe gemeten).

5. Effekt

Type, aard van effect (mortaliteit, morbiditeit, subklinische klachten; vooralsnog buiten beschouwing: materiële schade)

Reversibel, irreversibel.

Synergismen

Gevoelige groepen

6. Grenswaarden

Beschikbare normen (ADI, MAC, TLV, luchtkwaliteitsnormen, etc.)

N(A)EL, LO(A)EL

Basis van normen (effecten proefdieren/mensen, welk effect, welke populatie)

Andere criteria.

7. Risicoschatting

Omvang populatie blootgesteld aan concentratie groter dan criterium (onder welke situaties).

Omvang gevoelige groepen (CARA, babies, bejaarden, gehandicapten, kategoriale groepen als woonwagenbewoners, etc.).

Te verwachten effecten (aard, reversibel-irreversibel).

Trends in blootstelling (oorzaken, populaties).

8. Maatregelen ter vermindering van blootstelling

Sturingsmechanismen, beheersbaarheid (door bewoner, door overheid)

Beleidsopties (regelgeving, voorlichting)

Effectiviteit

9. Informatiebronnen

Literatuur

Best professional judgement

Voorbeeld

Informatieset: 1,4-dichloorbenzeen

1. Eigenschappen

chemische benaming : 1,4-dichloorbenzeen (IUPAC)
p-dichloorbenzeen, paradichloor-
benzeen, 1,4-DCB, PDB, PDCB.

CAS nummer : 106-46-7

RTECS nummer : CZ 4550000

ER stofnummer : geen

Fysisch/chemische eigenschappen

Aggregatietoestand : kleurloze of witte kristallen, vluchtig

Geurdrempel : 1 mg. m⁻³ (aangename frisse geur)

Chemische formule : C₆ H₆ Cl₂

Structuur formule : Cl
0
Cl

Moleculaire massa : 147,0

Smeltpunt : 53,5°C

Soortelijke massa
(vast) : 1,5039 (25°C)

Soortelijke massa
(damp) : 5,07 (20°C)

Dampspanning : 85,5 Pa (20°C)
: 90 Pa (25°C)

Evenwichtsconcentratie in de dampfase : 5,34 g.m⁻³ (25°C)

Oplosbaarheid in water : 49 mg/l (20°C), goed oplosbaar in organische oplosmiddelen

Conversiefactoren : 1 ppm = 6 mg.m⁻³
: 1 mg.m⁻³ = 0.166 ppm

2. Bronnen en emissies

1.4 Dichloorbenzeen (1,4-DCB) wordt als zuivere stof toegepast in mottenballen (repellent) en toiletblokjes (geurmaskeerder). De eerste toepassing valt onder de Bestrijdingsmiddelenwet.

Op beperkte schaal wordt 1,4-DCB ook toegepast in honden- en kattenwerende middelen.

Productie van 1,4-DCB vindt in Nederland niet plaats [1]. Het industriële verbruik van 1,4-DCB in Nederland (1985) bedraagt 370 ton per jaar. Hiervan wordt ruim 80% in huishoudelijke artikelen toegepast [2]; zie tabel 1. Zuiver 1,4-DCB bevat in de regel minder dan 0,5% van de ortho-isomeer (1,2-dichloorbenzeen) [3].

Tabel 1 Gehalte van 1,4-DCB in huishoudelijke producten

Toiletblokje(rand van de toiletpot)	20%
Urinoirblokjes	98%, 2% chlooramine T
Luchtverfrissers (aan de wand)	100%
Mottenballen	100%
Honden- en kattenrepellents	15%, 13% etherische oliën

Uit een beperkte steekproef in Noord-Duitsland bleek dat het gebruik van 1,4-DCB blokjes in huishoudens voor 2/3 bestaat uit toiletblokjes en voor 1/3 uit antimoetblokjes. Het gemiddelde jaarverbruik bedroeg 0,33 kg per jaar per huishouden [4].

Uit metingen van vluchtige organische verbindingen in Nederlandse woningen blijkt dat 50% van de huishoudens gebruik maakt van 1,4-DCB bevattende producten [5].

De in tabel 1 genoemde toepassingen vereisen een continue emissie van 1,4-DCB. Voor het weren van motten(larven) dient 1,4-DCB in hoge concentraties in de dampfase aanwezig te zijn (160 mg. m⁻³).

1,4-DCB sublimeert gemakkelijk en wordt volledig in de lucht geëmitteerd. Bij het gebruik van urinoirblokjes (openbare en bedrijfstoiletten) wordt ongeveer 67% in de lucht geëmitteerd en verdwijnt 33% met het spoelwater [4].

Emissiefactoren van mottenblokjes zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 Emissiefactoren van mottenblokjes [6].
1,4-DCB ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

Ventilatievoud h^{-1}	Temperatuur 23°C	Temperatuur 35°C
0,25	1250	4600
0,5	1400	4850
1,0	1750	5700
2,0	2000	6700

Trefwoorden: consumentenartikelen, puntbron, continue emissie.

3 Verspreiding en gedrag

3.1 Gedrag in lucht

1,4-DCB is chemisch een stabiele stof, die slecht oplosbaar is in water. Meer dan 95% van het gebruikte 1,4-DCB wordt verspreid in het compartiment lucht.

De damp verspreidt zich gemakkelijk door de woning. De concentratieniveaus zijn afhankelijk van de temperatuur en het ventilatievoud (tabel 2).

Over de depositie van 1,4-DCB in het binnenmilieu is niets bekend. Volgens een schattingsmethode [7] kan een depositiesnelheid van $0.03 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ worden berekend. Aangenomen kan worden dat door de continue emissie van 1,4-DCB na enige tijd een stationaire evenwichtssituatie tussen ad- en desorptie ontstaat.

3.2 Gedrag in biota

Toxicokinetiek

1,4-DCB wordt via de inhalatoire route goed geresorbeerd. De huidresorptie is verwaarloosbaar tenzij extreem grote hoeveelheden worden opgebracht. Door de hoge vetoplosbaarheid wordt 1,4-DCB snel gedistribueerd en geaccumuleerd in vetweefsel. Met name in de lever vindt omzetting plaats in wateroplosbare metabolieten, o.a. het gesulfateerde of geglucuronideerde 2,5-dichloorfenol, dat via de urine wordt uitgescheiden. De concentratie van deze metaboliet in urine geeft een indruk over de blootstelling. Door de grote vetoplosbaarheid volgt na opname een trage uitscheiding waarbij de snelheid wordt bepaald door de redistributie uit het vetweefsel.

4 Blootstelling/belasting

De belangrijkste blootstellingsroute is inhalatoir door inademing van de damp. Dermale blootstelling vindt plaats door direct contact van de huid met vast 1,4-DCB (in de vorm van toiletblokjes of mottenblokjes). Orale opname door kinderen (met name het eten van mottenballen), blijft buiten beschouwing.

Inhalatoire blootstelling in het binnenmilieu treedt continue op met verhoogde concentraties in slaapkamers (mottenblokjes) en intermitterende piek-belastingen in toiletten en badkamers.

Gemeten concentraties (tabellen 3 en 4)

Doordat het gebruik van 1,4-DCB blokjes niet in alle woningen plaats vindt, vertonen de meetwaarden van aselechte steekproeven in woningen een groot dynamisch bereik (GSD=8). In 50% van de onderzochte woningen in Nederland liggen de concentraties onder het achtergrondniveau in de buitenlucht ($0,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Tabel 3 Gemeten concentraties 1,4-DCB ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) in woningen (lucht)

land	n (woningen)	plaats/tijd	gem.	bereik	percentielen P ₅₀ P ₉₀ P ₉₅ P ₉₈	middelings-tijd	meetmethode	ref.
NL (Ede)	134	woonkamers/ winter	7,2	<0,6-140	1,8 14 25 50	1 week	actieve mon- sterneming, A-kool, GC-FID	[5,8]
(R'dam)	89	woonkamers		<0,6-299		1 week		[5]
(Ede)	96	woonkamers		<0,6-240		1 week		[5]
BRD	500	woonkamers	22	<0,1-1270	4,7 17 33 110	2 weken	passieve mon- sterneming, A- kool GC-FID/ECD	[9]
USA (TEAM)	347	pers.gebonden/ 's nachts			5 70 150	12 uur	actieve mon- sterneming, TENAX, GC-MS	[10,11]
Italië	15		62	<5-230		4-7 dagen	actieve mon- sterneming, TE- NAX, GC-FID/ECD	[12]
Japan	1	garderobekast slaapkamer toilet	1700 105 315				monsterneming in n-hexaan GC-ECD	[13]

Tabel 4 Gemiddelde concentratie van 1,4-DCB in andere compartimenten/media

Drinkwater (NL 1976)	0,005 - 0,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$	[14]
Voedsel	< 0,3 ppm w/w	[2]
Omgevingslucht (NL 1983)	< 0,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$	[5]
Vetweefsel (mens) (Japan 1975)	2,3 $\mu\text{g.g}^{-1}$	[13]
Bloed (mens) (Japan 1975)	9,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$	[13]
Uitademingslucht (mens) (USA 1982)	0,45-1,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$	[11]

5 Effecten

Lokale effecten

Huidkontakt met vast 1,4-DCB kan aanleiding geven tot lokale huidirritatie. Op grond van experimenten met cavia's wordt geen sensibilisatie bij de mens verwacht.

Blootstelling aan dampvormige 1,4-DCB veroorzaakt irritatie van de slijmvliezen van ogen en ademhalingswegen bij concentraties boven 80 ppm (480 mg/m³).

Waargenomen aspecifieke effecten (bij de mens) bij langdurige blootstelling zijn: zwellen van oogleden, hoofdpijn, rhinitis, misselijkheid, overgeven, gewichtsverlies, verdoofd gevoel en branderig gevoel in de benen.

Systemische effecten

Bij zeer hoge exposities kunnen bij de mens anemie, leverbeschadiging en depressie van het zenuwstelsel optreden. Voor het optreden van leukemie zijn onvoldoende aanwijzingen. Of 1,4-DCB aanleiding geeft tot vorming van cataract is zeer de vraag. De veronderstelling die in 1939 werd gedaan, gebaseerd op twee cases, is daarna niet experimenteel bevestigd. Er zijn geen aanwijzingen voor carcinogeniteit, mutageniteit of reproductiestoornissen.

Uit inhalatie-experimenten met ratten blijkt dat de vroegste systemische effecten gevonden worden in de lever en nieren. Het "no-effect" niveau bedraagt 75 ppm (450 mg/m³).

Trefwoorden: reversible effecten: irritatie van ogen en ademhalingsstelsel, depressie zenuwstelsel, anemie, leverbeschadiging.

6 Grenswaarden

De huidige MAC-waarde bedraagt 75 ppm (450 mg/m³). Door de WGD is een verlaging voorgesteld tot 25 ppm (150 mg/m³).

De huidige MAC-waarde is gebaseerd op het voorkòmen van irritatie, terwijl de voorgestelde grenswaarde is gebaseerd op het inhalatoire no-effect niveau bij ratten van 75 ppm met toepassing van een veiligheidsfaktor 3 (intraspecies: 3; interspecies: 1). Op basis van het inhalatoire no-effect niveau bij ratten van 75 ppm (5 uur/dag, 5 dagen/week) kan het volgende criterium voor de algemene bevolking (volwassenen) worden afgeleid. Hierbij wordt uitgegaan van:

- 24 uren blootstelling in woningen;
- de weekdosis in verband met accumulatie in het vetweefsel;
- een retentie van 100%;
- een veiligheidsfaktor van 100.

De inhalatoire blootstelling van ratten aan 75 ppm gedurende 25 uren komt overeen met 84,4 mg/week $\approx$ 422 mg/kg/week. Voor een volwassene van 70 kg is het equivalent 29540 mg/week $\approx$ 4220 mg/dag.

Bij gebruik van een veiligheidsfaktor van 100 bedraagt de toegestane hoeveelheid per dag 42,2 mg. Uitgaande van een inhalatie van 15 m³ per dag (laag activiteiten niveau)) komt dit overeen met een blootstellingsniveau van 2,8 mg. m⁻³.

De WHO gaat voor de risico-evaluatie uit van het no-effect niveau van een subchronische orale studie die 18,8 mg/kg/dag bedraagt. Op basis hiervan heeft de WHO een ADI vastgesteld van 1,4 mg/dag door gebruik van een veiligheidsfactor 1000. Daar inhalatoire blootstelling de normale route representeert kan deze ADI worden omgerekend tot $\frac{1400}{15} = 93 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

7 Risicoschatting

Als criterium voor de risicoschatting wordt uitgegaan van de op basis van de ADI van de WHO berekende inhalatoire blootstellingsnorm ($93 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ als daggemiddelde).

Extrapolatie van de Nederlandse meetgegevens [tabel 3], uitgaande van een lognormale verdeling, leidt tot de konklusie dat in 0,7% van de Nederlandse woningen het criterium wordt overschreden.

Dit is een conservatieve schatting daar deze metingen betrekking hebben op de blootstelling in woonkamers. Hogere blootstellingen kunnen worden verwacht in slaapkamers en badkamers. Persoonsgelinkte metingen in de USA (tabel 3) gedurende de nachtperiode (18.00-06.00 uur) wijzen hier op (8% van de populatie $> 93 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$).

De gemeten weekgemiddelde concentraties in Nederlandse woningen beneden het criterium sluiten ook niet uit dat in deze gevallen het daggemiddelde wel regelmatig boven het criterium kan liggen. Aannemende dat door het activiteitenpatroon van de bewoners de werkelijke weekgemiddelde blootstelling een faktor 2 hoger ligt en dat de variatie in de daggemiddelden groter is dan in de weekgemiddelden wordt geschat dat in 2 à 3% van de Nederlandse woningen het criterium regelmatig wordt overschreden.

Het hieraan verbonden gezondheidsrisico wordt als gering beoordeeld. Wel is bekend dat 1,4-DCB een belangrijke bijdrage levert aan de totale blootstelling aan vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen in woningen [9].

De belangrijkste risicogroepen zijn kinderen in woningen waar 1,4-DCB mottenblokjes worden toegepast, daar dit leidt tot langdurige blootstelling in de slaapkamers.

De blootstelling aan 1,4-DCB tengevolge van het gebruik van geurmaskeerders neemt waarschijnlijk af door vervanging van deze stof in toiletblokjes en luchtverfrissers.

Trefwoorden: 2 à 3% woningen > criterium, gezondheidsrisico
onbekend, effecten reversibel, blootstelling neemt af.

8 Maatregelen

Uit algemene milieuoverwegingen wordt 1,4-DCB als ongewenste stof beschouwd.

In de Bondsrepubliek Duitsland wordt de toepassing van 1,4-DCB in toiletblokjes afgeraden [15]. De totale blootstelling aan gechloreerde koolwaterstoffen kan gereduceerd worden door vervanging van 1,4-DCB in luchtverfrissers. Etikettering en voorlichting kan het gebruik van 1,4-DCB houdende produkten ontmoedigen. Het gebruik van 1,4-DCB als mottenverdrijver kan aangepakt worden via de Bestrijdingsmiddelenwet. Stoffen met een veel effectievere werking bij lage concentraties zijn beschikbaar [16].

Trefwoorden: substitutie, regelgeving, voorlichting en etikettering.

REFERENTIES

- [1] CIS. 'Directory of World Chemical Producers 1985-1986'. Chemical Information Services Ltd. Oceanside N.Y. 11572. U.S.A.
- [2] VROM. 'Review of literature data on 1,4-dichlorobenzene' concept 1985. Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
- [3] KIRK-OTHMAR. 'Encyclopedia of Chemical Technology'. Third Edition volume 5. 501-521. J. Wiley & Sons Publications. New-York. 1978
- [4] FRISCHE, R., R. HACHMANN, G. RIPPEN. Ermittlung und Bewertung der Umweltbelastung und -verteilung von Verbrauchschemikalien. Beispiel: p-Dichlorbenzol als Geruchsübertöne im Sanitärbereich, Battelle-Institute, Forschungsbericht im Auftrage des Umweltbundesamts
- [5] LEBRET, E., H.J. VAN DE WIEL, H.P. BOS, D. NOY, J.S.M. BOLEY. Volatile organic compounds in dutch homes. Environ. Internat. 12 (1986) 323-332
- [6] TICHENOR, B. Organic emission measurements via small chamber testing. In: Indoor Air 87 (B. Seifert et al., eds). Vol.1, Institute for Water, Soil, and Air Hygiene, 1987. p. 8-15
- [7] LYMAN, W.J., W.F. REEHL & D.H. ROSENBLATT (1982) Handbook of chemical property estimation methods. McGraw-Hill Book Company, New York
- [8] LEBRET, E., H. VAN DE WIEL, J.S.M. BOLEY, B. BRUNEKREEF, D. NOY, E.J. ORANJE & K. BIERSTEKER. Indoor Air Pollution in the Netherlands. Proceedings Indoor Air Stockholm. Aug. 1984
- [9] KRAUSE, C., W. MAILAHN, R. NAGEL, C. SCHULZ, B. SEIFERT & D. ULLRICH. Occurrence of volatile organic compounds in the air of 500 homes in the Federal Republic of Germany. In: Indoor Air 87 (B. Seifert et al., eds) Vol.1, Institute for Water, Soil, and Air Hygiene, 1987, p. 102-106
- [10] WALLACE, A., E.D. PELLIZZARI et al. The TEAM study: Personal exposures to toxic substances in air, drinking water, and breath of 400 residents of New Jersey, North Carolina, and North Dakota. Environ. Res. 43 (1987) 290-307

- [11] HARTWELL, T.D., E.D. PELLIZZARI et al. Comparison of volatile organic levels between sites and seasons for the total exposure assessment methodology (TEAM) study. Atmosph. Environ. 21 (1987) 2413-2424
- [12] DEBARTOLI, M., H. KNÖPPEL, E. PECCHIO et al. Integrating "real life" measurements of organic pollution in indoor and outdoor air of houses in Northern Italy. In: Indoor Air 87 (B. Seifert et al., eds) Vol.4. Institute for Water, Soil, and Air Hygiene, 1987, p. 21-26
- [13] MORITA, M., & G. OHI. Paradichlorobenzene in human tissue and atmosphere in Tokyo metropolitan area,, Environ. Pollut. 8 (1975) 267-274
- [14] KOOL, H.J., W. SLOOFF, B.C.J. ZOETEMAN, G.J. PIET & J.B.H.J. LINDERS. (1981). Organic water constituents and health parameters cancer mortality in relation to drinking water in the Netherlands: an epidemiological approach. RID, Mededeling '81-9
- [15] UMWELTBUNDESAMT/BUNDESGESUNDHEITSAMT: Vermeidung der Anwendung von Paradichlorbenzol im Toilettenbereich. Gemeinsame Stellungnahme. Bundesgesundhbl. 28(1985) 86-87
- [16] REIJNDERS, L. 'Pas op voor motteballen' Natuur en Milieu. 1983 juni/juli, 23.

Voorbeeld

Informatieset: dierlijke huidschilfers(-allergeen)

1. Eigenschappen

Dierlijke huidschilfers zijn afgestorven en losgelaten deeltjes van de opperhuid van behaarde (pels-)dieren en van vogelveren. Synoniemen: animal-dander, -dandruff, -squamae, -epidermis. Huidschilfers bestaan uit hoornstof (keratine) en bevatten allergenen. Het allergeenhoudende materiaal bestaat uit eiwitten en koolhydraten. De chemische structuurformule is niet bekend. Huidschilfers van verschillende diersoorten en dierenrassen bevatten verschillende allergenen.

De huidschilfers kunnen uiteenvallen (degenereren) tot kleinere deeltjes. Afhankelijk van de deeltjesgrootte kunnen ze zich verspreiden, zich vastzetten op kleding of meubelstof of kunnen gaan zweven.

De mogelijkheid bestaat dat het allergeen d.m.v. elutie migreert van de huidschilfers naar andere stofdeeltjes.

De afmetingen van huidschilfers lopen sterk uiteen, zowel binnen een diersoort als tussen de soorten onderling. Katten en knaagdieren geven zeer kleine huidschilfers af. De huidschilfers van vogels zijn vettig en verklonteren daardoor tot grotere deeltjes.

Van groot belang is dat het allergeen niet voorkomt op/in de haren maar op/in de huidschilfers. Dit sluit niet uit dat dierlijke haren en veren géén allergenen zouden kunnen bevatten. Door aanhechting van huidschilfers of door overdracht van het allergeen van de huidschilfer op de haren of veren, kunnen deze in geringe mate toch allergene eigenschappen krijgen.

Allergeenpotentie

Het allergeen van dierlijke huidschilfers is soortspecifiek en heeft tevens voor de verschillende diersoorten een sterk uiteenlopende allergeenpotentie.

De potentiële sterkte is uit te drukken in het verdunningspercentage dat nodig is om een suspensie van 1 ml, 1 equivalente eenheid (1E) te bevatten (tabel 1).

Tabel 1 Relatieve potentie van huidschilferallergeen van verschillende diersoorten

Verdunningspercentages				
0,00001%	0,0001%	0,001%	0,01%	0,1%
paard	kat cavia hamster	konijn rat	hond muis koe varken	mens vogel
sterk	allergeenpotentie			zwak

De relatieve sterkte van het huidschilferallergeen van de verschillende diersoorten zegt uiteraard nog niet alles over de sterkte of de aard van het effect op de individuele mens. Specifieke reacties kunnen ook tegelijk voorkomen door huidschilferallergeen van zowel verschillende dieren van dezelfde soort (bijvoorbeeld twee verschillende katten) alsook van verschillende soorten dieren (bijvoorbeeld kat en hamster).

2. Oorzaak/bronnen en emissies

Huisdieren als bron van dierlijke huidschilfers(-allergeen) komen zowel binnen als buiten de woning voor. Door de grote mobiliteit van de niet typische kooidieren kunnen de "bronnen" (honden en katten) praktisch overal aanwezig zijn. De aanwezigheid van huisdieren (soort en aantal) is sterk sociaal-cultureel bepaald. Gedrag, mode, welvaart, woningtype en woonplaats zijn bepalend voor de mate van voorkomen van huisdieren. Ook de

gezinssituatie (gezinnen met kinderen, alleenstaanden of ouderen) bepaalt sterk de aanwezigheid van huisdieren.

Het aantal huisdieren en het aantal soorten is de laatste decennia in West-Europa en de VS sterk toegenomen. Voor Nederland zijn (vooralsnog) slechts enkele gegevens bekend (tabel 2).

Tabel 2 Vóórkomen van huisdieren(soorten) in Nederland volgens verschillende auteurs

	percentages			
	Voorhorst '75 [1]	Leupen '76 [2]	CBS '84 geregistreerde honden [3]	Ambler '83 [4]
woningen met:	n= 85	n=195		
honden	29,4	29,1	22,7	-
katten	20,0	26,-	-	-
vogels	24,7	25,5	-	-
knaagdieren	4,7	12,7	-	-
huisdieren	60,0	66,8	-	75,-
géén hsd.	40,0	33,2	-	25,-
	100	100	100	100

Schattingen voor 1988 liggen in de orde van 70 à 80%, bij gezinnen met kinderen hoog, bij totale bevolking lager. Ook is er een verschil in de soorten huisdieren; bij gezinnen met kinderen komen meer knaagdieren voor. Over het voorkomen van hoefdieren (paard, koe, schaap, etc.) is vanuit de optiek van de woning weinig bekend. Kinderboerderijen en maneges nemen in belangrijkheid toe.

Emissie

Emissie van de dierlijke huidschilfers is een natuurlijk verjongingsproces van de opperhuid. Het proces is continu, maar kent

ook pieken tijdens de rui van pelsdieren en tengevolge van het behandelen (kammen, roskammen), verzorgen en troetelen van de dieren. Activiteiten van het dier zelf bepalen ook de emissie, bv. schuren, krabben en "wassen", of fladderen van vogels.

3 Verspreiding en gedrag van het agens

Verspreiding in lucht

Verspreiding van dierenhuidschilfers (-allergeen) vindt (na emissie) in hoofdzaak plaats door menselijke activiteiten. Door lopen over de vloerbedekking, gaan zitten op meubilair of stofzuigen, vindt opwerveling plaats van gedeponeerde schilfers of fragmenten. Ook het transport van schilfers via de kleding is een belangrijke verspreidingsbron. Huidschilfers van dieren die buiten de woning voorkomen (paarden) worden via kleding verspreid en kunnen in de woning worden gedeponiseerd. In woningen zonder katten werd kattenallergeen aangetoond.

Opname

Opname van de schilfers, schilferfracties, of stofdeeltjes met dierenallergeen geschiedt voornamelijk door inhalatie. Depositie vindt, afhankelijk van de deeltjesgrootte, plaats op het neusslijmvlies, in de luchtpijp of in de bronchiën.

Door elutie van het allergeen vindt overdracht plaats op het slijmvlies. Bij personen met een allergische constitutie kan, na sensibilisatie met het dierenallergeen, een allergische reactie optreden in het slijmvlies. Ook kunnen allergische reacties optreden bij huidcontact met het dierenallergeen.

4 Blootstelling

Weinig is bekend over de concentraties van huidschilfers in de lucht. Wel zijn gegevens bekend over de sterkte van kattenallergeen in stofmonsters (stofzuiger). Blootstelling is sterk gebonden aan de mate van contact met het betreffende dier en met de activiteiten van mens en dier. Omdat het hier een belasting van allergenen betreft is de kwantiteit van de expositie van minder belang dan de kwaliteit (specificiteit).

Voor sensibilisering van potentieel allergische personen (dus met een nog "verborgen" allergische constitutie) is de duur van de blootstelling aan dierenallergeen van groot belang.

Is men eenmaal allergisch voor dierenallergeen dan kan ook de geringste blootstellingsduur een ernstige reactie geven. Een enkel contact met een meubelstuk waar een kat op heeft gezeten kan al tot een astma-aanval leiden. Direct contact met het "bron-dier" is dus niet noodzakelijk.

Metten van de blootstelling

Meting van de sterkte van een bepaald dierenhuidschilferallergeen is mogelijk door in stofmonsters (vloerstof) middels bv. de RAST-test de antigeentiter te bepalen. Deze methode is voorlopig alleen nog mogelijk voor kattenallergeen.

5 Effecten

Dierenhuidschilferallergeen kan bij personen met een allergische constitutie sensibilisatie geven voor dierenallergeen. Is men eenmaal gesensibiliseerd dan kunnen ook zéér kleine hoeveelheden van het dierenallergeen sterk allergische reacties geven. De klachten uiteten zich in astma, rhinitis, conjunctivitis en in sommige gevallen ook in constitutioneel eczeem.

Vooraf bij jeugdigen treden deze reacties op in de vorm van allergisch-(atopisch-) astma en/of rhinitis (chronische rhinitis). Ook subklinische vormen komen voor; tranende ogen, verstopte neus, moeheid en dergelijke bij kontakt met dierenhuidschilfers.

Het mechanisme van de allergische reactie berust op een antigeen-antilichaam (IgE) binding, waarbij mediators vrijkomen in de getroffen orgaanellen (slijmvlies), waarbij o.a. histamine vrijkomt. Deze stof veroorzaakt weer zwellingen van het slijmvlies, waardoor benauwdheid (astma) optreedt. Een allergische constitutie (erfelijk bepaald) komt bij ongeveer 10% van de bevolking voor. Deze allergische constitutie is onderliggende voorwaarde voor het ontwikkelen van een allergie (nà sensibilisatie) voor het specifieke allergeen, bv. kattenallergeen.

In principe is bij allergie sprake van een reversibele situatie; géén expositie, géén klachten. Maar de door allergie geïnduceerde astma of rhinitis kan aanleiding geven tot minder reversibele pathologische effecten in de getroffen organen. Door hyposensibilisatie met het betreffende allergeen is in bepaalde gevallen wel een zekere "weerbaarheid" op te bouwen.

6 Grenswaarden

Er zijn geen grenswaarden bekend voor dierenhuidschilfersallergeen. Omdat het hier specifiek allergische reacties betreft is het onmogelijk om algemene grenswaarden te stellen. De individuele gevoeligheid speelt een grote rol. In principe is de grenswaarde voor een bepaald dierenallergeen nul, in geval van allergie bij een bepaalde persoon voor het bepaalde dierenallergeen.

De omvang van de blootgestelde populatie is ongeveer 70 à 80%. Voor katten kan men eigenlijk wel stellen 100% (migratie van katten en van de mens zelf, als transporteur van het allergeen).

Prevalentie dierenallergie

Gegevens over het voorkomen van een allergie voor dierenhuidschilfers in de totale bevolking zijn niet voorhanden. Wel zijn schattingen te maken met behulp van gegevens uit (klinische) subpopulaties. (tabel 3).

Tabel 3 Prevalentie van positieve huidreacties op huidschilferallergeen van dieren (gemengd) en van diersoorten, bij klinische populaties (Astma en/of Rhinitis)

sub- popula- tie	atopisa- tie perc	huidschilferallergeen van:					auteurs
		dieren (gemengd)	katten	honden	paarden	knaag- dieren	
	%	%	%	%	%	%	
A+R	±70	16,8	-	9,8	-	7,0	Voorhorst [5]
A	±70	13,3	6,8	0,5	2,8	6,8	,, [1]
A+R	65,7	-	28,7	-	-	-	Thompson [6]
R	62,3	-	17,-	-	-	-	,,
A	100,-	10,-	4,5	1,0	1,6	4,9	Spiekma [7] (pers. mededeling)
A+R	61,4	21,8	-	-	-	-	Bruce Pearson [8]
A+R	84,0	31,8	-	-	-	-	Hendrick [9]
A	81,5	34,0	-	-	-	-	Beaumont [10]
A+R	100,-	6,0	-	-	-	-	Kunkel [11]

Onder aanneming dat de klinische subpopulaties (Astma en/of Rhinitis) ongeveer 5% van de totale bevolking omvatten, is een schatting te maken van het voorkomen van dierenhuidschilferallergie in de totale populatie (tabel 4).

Tabel 4 Schatting van het percentage dierenallergie voor de totale bevolking

allergie voor dieren in klinische populaties (A en R) (5% v.d. totale pop.)	allergie voor dieren in totale bevolking
dieren totaal: 6 - 34 %	0,3 - 1,7 %
katten 4,5 - 28,7%	0,23 - 1,4 %
knaagdieren 4,9 - 7,0%	0,25 - 0,35%
paarden 1,6 - 2,8%	0,08 - 0,14%
honden 0,5 - 1,0%	0,03 - 0,05%

Volgens allergologen komen huidreacties op dieren eerder in 30% dan in 6% van de klinische (A+R) populaties voor. Dit zou betekenen dat dierenallergie met klinische symptomen in ongeveer 1,5% van de bevolking vóórkomt, overeenkomende met $14,4 \times 10^6 \times 1,5\% = 216.000$ personen.

De gevoelige groepen zijn:

- a) personen met een allergische constitutie (ongeveer 10% van de totale bevolking).
- b) jeugdigen. Hier komt een allergische constitutie vaker voor dan bij ouderen.
- c) astma- en/of rhinitis patienten; veelal reeds ontstaan door allergie voor bioagentia.
- d) jeugdige astma en/of rhinitispatienten. (atopisatie percentage ligt in deze groep zeer hoog ($\pm 80\%$)).

Door het toenemende aantal huisdieren en diersoorten is de kans op toeneming van dierenallergie groot.

Huidschilfers en mijten

Vermeld dient nog te worden dat dierlijke huidschilfers een belangrijke voedingsbron zijn voor huisstofmijten. In hondemanden worden enorme hoeveelheden huisstofmijten aangetroffen.

Huisdieren kunnen derhalve een bevorderende factor zijn voor het vóórkomen van grote mijtenpopulaties.

8 Maatregelen en beheersbaarheid

Van overheidswege is misschien alleen middels voorlichting enige invloed uit te oefenen op het gedrag. Op plaatsen waar personen niet vrijwillig verblijven (bijv. in kader van de Onderwijswet; scholen), zouden maatregelen genomen kunnen worden. In schoolklassen van basisscholen is de kans groot dat er altijd wel 2 of 3 kinderen allergisch, respectievelijk astmatisch zijn.

9 Informatiebronnen

- [1] VOORHORST, R. et al.; Domestic factors and the Allergic (Atopic) State; In: Allergy '74, Proc.9th Europ. Congr. Allerg. Clin. Immunol. ed. M.A. Ganderton, London, 1975 p. 320-331.
- [2] LEUPEN, M.J.; Vochtige woningen bij Amsterdamse schoolkinderen; ongepubliceerd rapport. GG en GD Amsterdam 1983. IMG-TNO, Delft.
- [3] CBS-Heerlen: Persoonlijke mededeling 1988.
- [4] AMBLER-HUISKES, A.; Kind en dier, Allergie bij schoolkinderen. Tijdschr. v. Soc. Gezh. zorg 61 (1983) 19, p.700.
- [5] VOORHORST, R.; Die pathogenen Allergene im Hausstaub, Therapie Woche, 27 (1977) 22, p.4351-4361.
- [6] THOMPSON, R.A. et al.; How necessary are specific IgE antibodytests in allergy diagnosis? The Lancet I (1983) 8317, (Jan), p. 169-173.
- [7] SPIEKSMAN, F.Th.M.; Persoonlijke mededeling 1988.
- [8] BRUCE PEARSON, R.S.; Asthma-Allergy and Prognosis Proc. Roy. Soc. Med. 61 (1968) (May), p.467-470.

- [9] HENDRICK, D.J. et al.; An analysis of skin prick test reactions in 656 asthmatic patients; Thorax 30 (1975) 2, p.2-8.
- [10] BEAUMONT, F.; Aerobiological and clinical studies in mould allergy, Proefschrift RU, Groningen, 1985, p.104.
- [11] KUNKEL, G. et al.; Innenraumluft und allergische Erkrankungen. In Luftqualität in Innenräumen. Hrgb. K. Aurand, G. Fischer Verlag, Stuttgart-New York, 1982, p.75-89.

HUISDRUKKERIJ NIPG-TNO