

RIVM rapport 612810 009

Factsheet algemeen

Randvoorwaarden en betrouwbaarheid,
ventilatie, kamergrootte, lichaamsoppervlak

H.J. Bremmer, M.P. van Veen

maart 2000

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van VWS, Inspectie Gezondheidsbescherming, Waren en Veterinaire zaken, in het kader van project 612810, Risicoschatting voor de Consument

Abstract

Mathematical models are available for the exposure assessment of compounds in consumer products. The computer program CONSEXPO is used for the calculations. Since the huge number of consumer products does not allow exposure assessment of every product separately, a limited number of main categories containing similar products are defined. A main category comprises product categories. The information on each main category is described in a fact sheet. A fact sheet contains background information, default models and default values for every product category.

This fact sheet supplies information for assessing risks to consumers when using products from several main categories. Limiting conditions for the default values are discussed and the way of representing reliability of the assessment of parameter values. Default values for commonly used exposure factors are supplied for:

- volume and surface area of rooms in Dutch dwellings,
- air-change rate of several rooms in dwellings,
- total body surface and surface of body parts in adults, men and women and in children.

Finally, sensitivity of human exposure as related to room volume and ventilation rate is discussed by means of an evaporation model.

Inhoud

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
1.1 Algemeen	5
1.2 Projekt “Risicoschatting voor de consument”	6
1.2.1 Wiskundige modellen	6
1.2.2 Factsheets	6
1.2.3 Database	7
2. Randvoorwaarden voor de defaults en betrouwbaarheid van de gegevens	9
2.1 Randvoorwaarden voor de defaults	9
2.2 Betrouwbaarheid van de gegevens	9
3. Ventilatie en Kamergrootte	11
3.1 Algemeen	11
3.2 Kamergrootte	11
3.3 Ventilatie	12
3.3.1 Defaults	17
4. Gevoeligheidsanalyse van ventilatie en kamergrootte	19
4.1 Kamergrootte	20
4.2 Ventilatievoud	20
4.3 Variatie van kamergrootte onder gelijkblijvende omstandigheden	21
5. Lichaamsoppervlak en lichaamsgewicht	25
5.1 Volwassenen	25
5.1.1 Totaal lichaamsoppervlak	25
5.1.2 Oppervlak lichaamsdelen	27
5.2 Kinderen	28
Literatuur	33
Bijlage 1: verzendlijst	35

Samenvatting

Om de blootstelling aan stoffen uit consumentenproducten en de opname daarvan door de mens te kunnen schatten en beoordelen zijn wiskundige modellen beschikbaar. Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van het computerprogramma CONSEXPO. Het grote aantal consumentenproducten verhindert dat voor elk afzonderlijk product blootstellingmodellen en parameterwaarden vastgesteld kunnen worden. Daarom zijn een beperkt aantal hoofdcategorieën met gelijksoortige producten gedefinieerd. Voor elke hoofdcategorie wordt informatie over de blootstellingschatting in een factsheet weergegeven. Naast achtergrondinformatie worden default-modellen en default-parameterwaarden gegeven van elke product-categorie waaruit de hoofdcategorie is opgebouwd.

In deze factsheet wordt informatie weergegeven die voor meerdere hoofdcategorieën van belang is om een schatting van risico's van het gebruik van consumentenproducten te kunnen maken. Aan de orde komen de randvoorwaarden die aan default-parameters gesteld worden en de manier waarop de betrouwbaarheid van de schatting van de parameterwaarden wordt weergegeven. Verder zijn defaults van algemeen gebruikte blootstellingsfactoren gedocumenteerd voor:

- de inhoud en de oppervlakte van kamers in Nederlandse woningen,
- het ventilatievoud in verschillende ruimten van woningen,
- het totale lichaamsoppervlak en het oppervlak van lichaamsdelen van volwassenen, mannen, vrouwen en kinderen.

De gevoeligheid van humane blootstelling en opname voor ventilatie en kamergrootte worden besproken aan de hand van een verdampingsmodel.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Binnen het RIVM zijn in het kader van het project “Risicoschatting voor de consument” beschrijvende modellen ontwikkeld om de blootstelling aan stoffen uit consumentenproducten en de opname daarvan door de mens te kunnen schatten en beoordelen. Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een computer-programma, CONSEXPO, dat op de PC werkt. Als in CONSEXPO een model wordt gekozen en de benodigde parameters worden ingevuld berekent het programma de blootstelling aan en de opname van de betrokken stof.

Het grote aantal consumentenproducten verhindert dat voor elk afzonderlijk product blootstellingsmodellen en parameterwaarden vastgesteld kunnen worden. Daarom zijn een beperkt aantal hoofdcategoriën met gelijksoortige producten gedefinieerd. Voorbeelden van hoofdcategoriën zijn verf, cosmetica en vloerbedekking. Binnen een hoofdcategorie worden product-categoriën gedefinieerd. Onder de hoofdcategorie “cosmetica” vallen bijvoorbeeld de product-categoriën deodorant en shampoo. Voor elke produktcategorie worden default-modellen en default-parameterwaarden vastgesteld.

Voor elke hoofdcategorie wordt de informatie die relevant is met betrekking tot de schatting van blootstelling en opname in een factsheet weergegeven. Naast achtergrondinformatie worden in de factsheet default-modellen en default-parameterwaarden gegeven van de product-categoriën waaruit de hoofdcategorie is opgebouwd. De factsheets worden opgesteld om te dienen als bron van gegevens voor de gebruikers van CONSEXPO.

Door middel van een database zijn de default-modellen en default-parameterwaarden beschikbaar gemaakt voor gebruikers en computerapplicaties.

In het onderhavige rapport wordt informatie weergegeven die voor alle hoofdcategoriën van belang is om een goede schatting van de risico's van het gebruik van consumentenproducten door de consument te kunnen maken. In hoofdstuk 2 wordt algemene informatie over de factsheets gegeven. Met name wordt ingegaan op de randvoorwaarden waaronder de defaults zijn geschat en de definitie van en de manier waarop de betrouwbaarheid van de gegevens wordt aangegeven. Kamergroottes en ventilatievouden in woningen komen in hoofdstuk 3 aan de orde. In hoofdstuk 4 wordt een gevoeligheidsanalyse beschreven met betrekking tot de gevoeligheid van humane blootstelling en opname voor ventilatie en kamergrootte. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op lichaamsgewichten en het huidoppervlakken van mensen.

1.2 Projekt “Risicoschatting voor de consument”

Consumentenproducten zijn heel erg divers, gedacht kan bijvoorbeeld worden aan: verf, kleding, schoensmeer, huishoudzeep en bladluisbestrijdingsmiddelen. Al deze producten bevatten potentieel schadelijke stoffen, soms als actieve component, soms als een toevallige contaminant. Bij het beoordelen van de blootstelling aan deze stoffen is het noodzakelijk meer informatie te hebben dan alleen de concentratie in het product zelf. Veel producten staan immers tijdens gebruik stoffen af, of worden tijdens gebruik verdund.

1.2.1 Wiskundige modellen

CONSEXPO is een set samenhangende, algemene modellen om de blootstelling aan stoffen uit consumentenproducten en de opname daarvan door de mens te kunnen schatten en beoordelen. Het programma is opgebouwd uit gegevens over het gebruik van producten en uit mathematische concentratie-modellen. Het programma is gebaseerd op relatief simpele blootstellings- en opnamemodellen. Het beginpunt van deze modellen is de route van blootstelling, te weten de inhalatoire, de dermale of de orale route. Voor een route wordt het best passende blootstellings-scenario en het best passende opname-model gekozen. Daarna worden de parameters die nodig zijn voor het blootstellings-scenario en het opname-model ingevuld. Het is mogelijk dat blootstelling en opname tegelijkertijd via verschillende routes plaatsvindt. Naast gegevens over blootstelling en opname zijn contactgegevens nodig, zoals de gebruiksfrequentie en de duur van het gebruik. Met behulp van bovenstaande gegevens berekent CONSEXPO de blootstelling en de opname.

Als resultaat van de berekeningen geeft het programma de blootstelling per gebeurtenis, de jaargemiddelde blootstelling, de opgenomen hoeveelheid per route, de gesommeerde opgenomen hoeveelheid en de opgenomen hoeveelheid per kg lichaamsgewicht per dag. In van Veen, 1997¹³⁾ wordt het model uitgebreid beschreven.

1.2.2 Factsheets

Het gehele scala van consumentenproducten is ingedeeld in een 9-tal *hoofdcategoriën*, in tabel 1 zijn deze hoofdcategoriën weergegeven. Binnen een hoofdcategorie wordt een zo klein mogelijk aantal *product-categoriën* gedefinieerd die samen nog de gehele hoofdcategorie beschrijven. De hoofdcategorie “cosmetica” bevat bijvoorbeeld 25 product-categoriën; zoals anti-zonnebrandmiddelen, lippenstift, deodorant en shampoo. Bij de indeling in hoofd- en productcategoriën is rekening gehouden met de stof- en productindelingen die gehanteerd worden door de Europese Unie, de US-EPA, de Zweedse KEMI en de OECD²³⁾.

Voor elke productcategorie worden default-modellen en default-parameterwaarden vastgesteld. Als een groep van gelijksoortige producten op meerdere manieren kan worden toegepast worden er van zo'n groep meerdere productcategoriën gemaakt. Een voorbeeld hiervan is verf die met de kwast wordt opgebracht en dezelfde verf die pneumatisch wordt verspoten.

Alle informatie over een *hoofdcategorie* van consumentenproducten die relevant is met betrekking tot de schatting van blootstelling en opname wordt in een factsheet weergegeven.

Tabel 1: Indeling van consumentenproducten in hoofdcategoriën

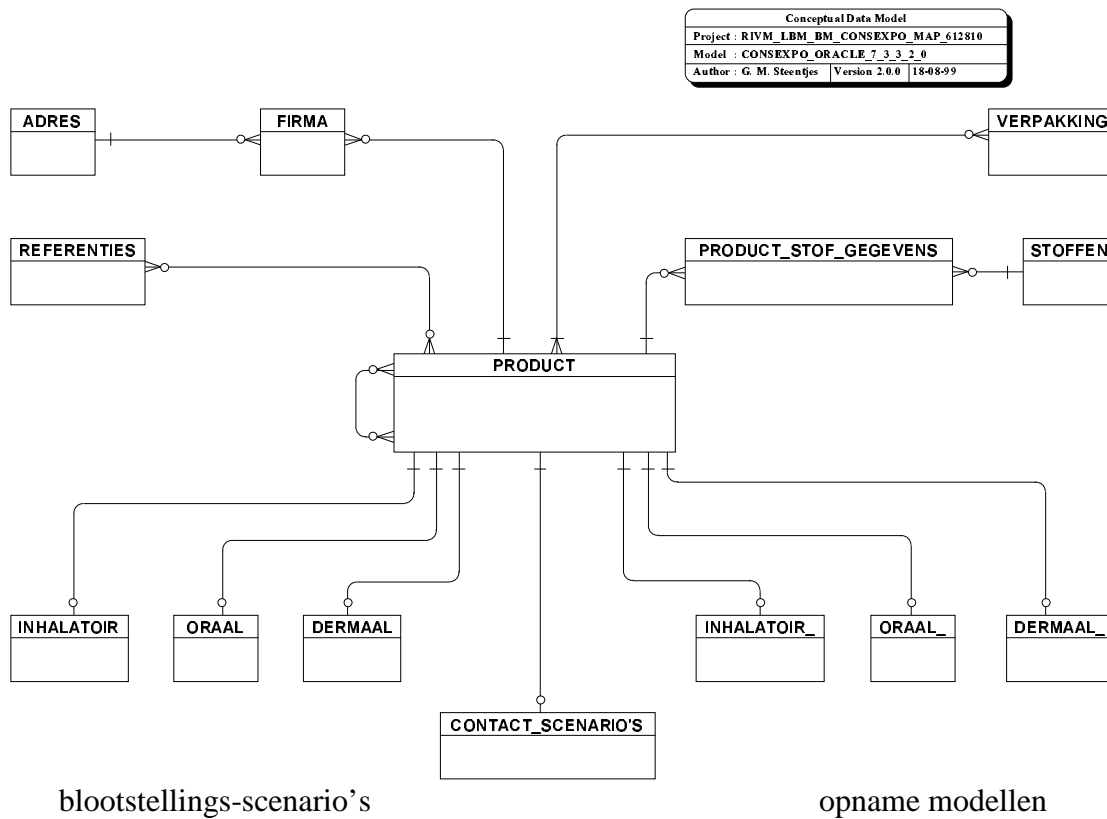
Hoofdcategoriën consumentenproducten
Lijmen
Reinigingsmiddelen
Kleding
Cosmetica
Doe-het-zelf artikelen, excl. verf en lijmen
Vloerbedekking
Verf
Bestrijdingsmiddelen
Diversen

In factsheets komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- voor blootstelling en opname relevante achtergrondinformatie over de hoofdcategorie,
- afbakening van de hoofdcategorie en de indeling van productcategoriën binnen de hoofdcategorie,
- voor elke productcategorie wordt ingegaan op:
 - toepassing van de producten,
 - samenstelling van de producten,
 - opmerkingen,
 - stoffen die mogelijk problematisch kunnen zijn,
 - default- scenario's en default-modellen,
 - default parameterwaarden voor de scenario's en modellen
 - overwegingen die tot die defaults hebben geleid.

1.2.3 Database

Er is een relationele database ontwikkeld die voor *productcategoriën* default-modellen en default-parameterwaarden voor de blootstellingsanalyse bevat. Voor *producten* bevat de database de productgegevens en de parameterwaarden van de gekozen scenario's. Hierbij is gebruik gemaakt van een gegevensmodel (figuur 1). De centrale eenheid in het gegevensmodel is het product. Het product is zowel verbonden met de contact-, blootstellings- en opnamescenario's als met eenheden die informatie over het product bevatten, zoals samenstelling, de producent en literatuurreferenties. De centrale eenheid "product" in het gegevensmodel is heel ruim gedefinieerd. Het bevat naast tastbare producten, waarbij gegevens van het betreffende product worden opgeslagen ook productcategoriën, waarbij standaardwaarden worden opgeslagen. De database wordt beschreven in Steentjes et al.¹⁴⁾.



Figuur 1: basis van het entiteit-relatie-diagram van de CONSEXPO-database

In figuur 1 is tussen bijvoorbeeld “product” en het inhalatoire blootstellings- scenario sprake van een één op één relatie; aan één bepaald product is één set met inhalatoire blootstellingsparameters gekoppeld. Het streepje betekent dat een set inhalatoire blootstellingsparameters alleen maar kan bestaan als er een product aanwezig is. Het rondje geeft aan dat aan een product niet noodzakelijk een set met inhalatoire blootstellingsparameters gekoppeld hoeft te zijn. Tussen bijvoorbeeld “product” en “product- stof- gegevens ” is sprake van een één op meer relatie; aan één bepaald product kunnen meer sets met product afhankelijke stof gegevens gekoppeld zijn. Het streepje betekent dat een set product- stof-gegevens alleen aanwezig kan zijn als er een product aanwezig is. Het rondje geeft aan dat er aan een product niet noodzakelijk sets product-stof-gegevens gekoppeld hoeven te zijn.

2 Randvoorwaarden voor de defaults en betrouwbaarheid van de gegevens

2.1 Randvoorwaarden voor de defaults

Onder “defaults” worden voor een productcategorie standaardscenario's en standaardmodellen gekozen voor het contact, de inhalatoire, dermale en orale blootstelling en opname. Als via een bepaalde blootstellingsroute geen of verwaarloosbare blootstelling plaatsvindt wordt die route niet beschreven. Voor de parameters in een scenario (voor contact en voor blootstelling) en een model (voor opname) worden standaardwaarden geschat. Omdat CONSEXPO wordt gebruikt voor het uitvoeren van risico-evaluaties van stoffen uit consumentenproducten worden de parameterwaarden zodanig gekozen dat een relatief hoge blootstelling en opname, in percentielen van de verdeling tussen de 95 en 99 percentiel, wordt berekend. Om deze doelstelling te bereiken wordt van een parameter het 75 percentiel of het 25 percentiel, afhankelijk van de invloed van de parameter, berekend. Als van een parameter voor een berekende waarde onvoldoende gegevens beschikbaar wordt de parameter geschat overéénkomstig een 75 of een 25 percentiel.

Bij het berekenen en schatten van de standaardwaarden voor de scenario's en modellen is uitgegaan van Nederlanders die een bepaald consumentenproduct frequent gebruiken, aanzienlijke hoeveelheden van het product toepassen onder relatief ongunstige omstandigheden. Bij het vaststellen van de defaultwaarden voor bijvoorbeeld verven, wordt uitgegaan van het gebruik van een aanzienlijke hoeveelheid verf, die in een relatief lange tijd wordt geschilderd in een relatief kleine kamer, die matig wordt geventileerd. Steeds wordt uitgegaan van reëel voorkomende situaties waarbij blootstelling en opname aanzienlijk zijn. Omdat bij de berekening van de blootstelling en de opname voor alle parameters wordt uitgegaan van het 75 of 25 percentiel, wordt verwacht dat de berekende waarden voor blootstelling en opname, afhankelijk van de relatie tussen de parameters, gewoonlijk in de grootteorde van 99 percentiel liggen. Op deze manier worden hogere blootstellingen, via het “reasonable worst case” principe, geschat.

2.2 Betrouwbaarheid van de gegevens

Bij alle parameterwaarden in de factsheets wordt een kwaliteitsfactor Q gegeven, die de betrouwbaarheid van de schatting van de defaultwaarde aangeeft. De kwaliteitsfactor kan waarden van 1 t/m 9 aannemen. In tabel 2 wordt een samenvatting van de betekenis van de waarde van de kwaliteitsfactor weergegeven.

Een kwaliteitsfactor van 1-3 betekent dat geen relevante waarnemingen voor de betreffende parameter voorhanden zijn en degene die de parameterwaarde vaststelt kan zelfs geen min of meer betrouwbare schatting van de betreffende parameter-waarde geven. Bij een kwaliteitsfactor van 4 à 5 zijn eveneens geen relevante waarnemingen beschikbaar, echter degene die de de parameterwaarde vaststelt kan op basis van met name expertise een min of meer betrouwbare schatting maken. Bij een kwaliteitsfactor 4 wordt de parameter-waarde als

Tabel 2: waarde van kwaliteitsfactor Q

Q	waarde
9	op geen enkele wijze discutabel
8	goed getal, maar discussie is mogelijk
7	ruim voldoende
6	bruikbaar, maar voor verbetering vatbaar
5	twijfelachtig, getal kan als default worden toegepast
4	twijfelachtig, getal is onvoldoende betrouwbaar voor een goede default
3	slecht getal, niet bruikbaar als default
2	onbruikbaar, nauwelijks gegevens bekend
1	onbruikbaar, geen gegevens bekend

onvoldoende betrouwbaar gezien om als defaultwaarde te kunnen worden gebruikt. Bij een kwaliteitsfactor 5 is de parameterwaarde eveneens twijfelachtig, echter de waarde wordt als voldoende betrouwbaar gezien om als default te kunnen worden gebruikt. Bij een kwaliteitsfactor 6 kan een redelijk betrouwbare schatting van de parameterwaarde worden gegeven. Een kwaliteitsfactor van 7 wordt aan een parameterwaarde toegekend als er sprake is van betrouwbare waarde, bijvoorbeeld een waarde gebaseerd op waarnemingen die niet exact van toepassing zijn op de betreffende parameters of een waarde gebaseerd op een betrouwbare inschatting door deskundigen. Bij een kwaliteitsfactor van 8 is de waarde gebaseerd op relevante metingen. Een kwaliteitsfactor 9 wordt toegekend bij een keur van relevante waarnemingen, als de parameter op geen enkele wijze discutabel is.

3 Ventilatie en kamergrootte

3.1 Algemeen

De ventilatie en de inhoud van de ruimte waar consumentenproducten worden toegepast zijn van grote invloed op de blootstelling aan stoffen uit consumenten-producten, beide zijn dan ook binnen alle hoofdcategoriën van belang. Ten behoeve van de definitie van de defaults in alle andere factsheets worden in deze algemene factsheet ventilatievoud, oppervlakte en volume van ruimten in een woning beschreven in een default beargumenteerd. In de factsheets die hoofd- en productcategoriën beschrijven wordt, indien nodig, ingegaan op aspecten die specifiek zijn voor de betreffende categorie. In paragraaf 3.2 wordt ingegaan op het oppervlak en de inhoud van kamers in Nederlandse woningen. In paragraaf 3.3 wordt de ventilatie van deze kamers besproken.

3.2 Kamergrootte

De inhoud en de oppervlakte van de individuele ruimten in woningen in Nederland is onderdeel van de Kwalitatieve WoningRegistratie (KWR). De KWR is een grootschalig onderzoek waarmee de kwaliteit en de kwaliteitsontwikkeling van de Nederlandse woningvoorraad in kaart wordt gebracht. Het onderzoek is tot nu toe 4 keer uitgevoerd, de eerste keer in 1975. De in tabel 3 verkregen gegevens werden verkregen uit het bestand van de KWR 1989-1991⁹⁾. Het bestand omvat ca. 15.000 woningen⁸⁾.

Op basis van bovenstaande gegevens werd het 25 percentiel berekend voor de hierboven vermelde ruimtes. In tabel 4 zijn deze waarden weergegeven met een kwaliteitsfactor 9. De waarden voor badkamer, toilet, schuur en garage in tabel 4 zijn niet direct uit de KWR af te leiden. Deze schattingen zijn gebaseerd op de ruimten waarvan oppervlak en inhoud in de KWR zijn weergegeven en eigen schattingen van oppervlak en inhoud van deze ruimten. In tabel 4 is een defaultwaarde opgenomen voor een kamer als er geen ruimte gespecificeerd is. Gezien de verschillende ruimten in een woning is gekozen een ruimte waarvan de inhoud vergelijkbaar is met een kleinere slaapkamer.

Tabel 3: oppervlakte en inhoud van kamers in Nederlandse woningen

ruimte	oppervlakte		inhoud	
	m ²	s.d.	m ³	s.d.
woonkamer	28	8,4	74	23
keuken (incl. open keuken)	8,5	3,6	22	9,6
slaapkamer 1	14	4,0	35	11,2
slaapkamer 2	11	3,0	28	8,3
slaapkamer 3	8,5	2,8	21	7,6
zolder	23	15,8		

Tabel 4: defaultwaarden van ruimten in Nederlandse woningen

ruimte	oppervlakte [m ²]	inhoud [m ³]	Q
woonkamer	22	58	9
keuken (incl. open keuken)	6	15	9
slaapkamer 1	11	27	9
slaapkamer 2	9	22	9
slaapkamer 3	7	16	9
badkamer	4	10	6
toilet	1	2,5	6
schuur	4	10	6
garage	10	25	6
kamer, als er geen ruimte gespecificeerd is	8	20	8

3.3 Ventilatie

Het aantal keren per uur dat de lucht in een ruimte wordt verversd wordt het ventilatievoud genoemd [eenheid: h⁻¹]. In een woning zal tussen de verschillende vertrekken uitwisseling van lucht plaatsvinden, een deel van de lucht die een bepaalde ruimte verlaat kan er later weer terugkomen. Bij het ventilatievoud wordt in deze studie uitgegaan van de effectieve uitstroom van lucht uit de betreffende ruimte.

Het ventilatievoud van een woning of een ruimte in een woning is afhankelijk van een groot aantal factoren zoals, de leeftijd van de woning, de isolatie van de woning, natuurlijke of mechanische ventilatie, het klimaat, de weersgesteldheid (windsnelheid en buitentemperatuur), het jaargetijde, de manier waarop bewoners met ventilatie omgaan, ramen en deuren die open of gesloten zijn. In tabel 5 zijn metingen van ventilatievouden van woningen in Nederland weergegeven en in tabel 6 ventilatievouden van buitenlandse waarnemingen.

Uit de literatuurgegevens (tabel 5 en 6) blijkt dat:

- de verschillen zijn tussen de ventilatievouden in de verschillende onderzoeken aanzienlijk zijn,
- het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde van vergelijkbare woningen binnen onderzoeken steeds heel erg groot is.

Belangrijke oorzaken voor deze grote verschillen worden in het onderstaande weergegeven.

De ouderdom van de woning

Oudere huizen hebben een hoger ventilatievoud dan nieuwere, beter geïsoleerde, meer luchtdichte, huizen.

Natuurlijke of mechanische ventilatie

Mechanisch geventileerde huizen hebben een hoger ventilatievoud dan hetzelfde soort huizen met natuurlijke ventilatie.

Het klimaat

In meer noordelijk gelegen landen (Scandinavië, Canada) zijn de ventilatievouden over het algemeen lager dan in Nederland.

Bewonersgedrag

Ventilatievouden worden een orde hoger als ramen en/of deuren open staan.

Het jaargetijde

In de winter wordt minder geventileerd en zijn de ventilatievouden lager dan in de zomer.

De weersgesteldheid

In het kader van onderzoek naar radon is door het RIVM een computermodel ontwikkeld om radonconcentraties binnen een woning te berekenen⁶⁾. Voor een Nederlandse standaardwoning zijn ventilatievouden berekend bij een dertigtal verschillende weersomstandigheden. Met name de windsnelheid bleek van grote invloed op het ventilatievoud. Als de windsnelheid toeneemt van windstil tot 8 msec^{-1} (ongeveer windkracht 5) neemt het ventilatievoud van het gehele huis toe met ongeveer een factor vier.

Overdag / 's nachts

Voor woonkamers en voor de gehele woningen wordt gevonden dat de ventilatievouden overdag gemiddeld ca. 10 % hoger zijn dan 's nachts.

Voor slaapkamers wordt overdag een aanzienlijk groter ventilatievoud gevonden dan 's nachts, gemiddeld is het ventilatievoud overdag ca. 50 % hoger dan 's nachts. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt doordat slaapkamers overdag worden gelucht.

Meetmethoden

Ventilatievouden kunnen op meerdere manieren worden bepaald. Het bleek dat de grootte van het ventilatievoud afhankelijk is van de gebruikte bepalingmethode.

Bloemen et al.²⁾ hebben de tracermethode vergeleken met de opblaasmethode. De ventilatievouden bepaald met de opblaasmethode waren duidelijk hoger dan en correleerden niet met de ventilatievouden berekend met de perfluortracer-gas-methode. Finse onderzoekers (zie²⁾) hebben twee verschillende tracertechnieken met elkaar vergeleken, ook hier worden verschillen tussen de methoden gevonden. De veel toegepaste perfluortracer-methode lijkt de meest betrouwbare bepalingmethode.

Tabel 5: meetwaarden van ventilatievouden van woningen in Nederland

ruimte ^{a)}	staat	jaargetijde	meetmethode ^{b)}	aantal metingen	ventilatievoud [h ⁻¹] (range)	ref.
gehele huis	natuurlijke ventilatie; in 1984 gerenoveerd; ramen, deuren, additionele ventilatieopeningen gesloten mechanische ventilatie; in 1983 gerenoveerd; ramen, deuren, additionele ventilatieopeningen gesloten	winter winter	opblaas-methode opblaas-methode	6 4	0,6 (0,3-0,95) 1,2 (1,05-1,35)	1 1
woonkamer	mechanische ventilatie; in 1987 gerenoveerd voorkamer achterkamer flat's '60 flat's '80 eengezinswoning '60 eengezinswoning '80 overdag 's nachts met open keuken, huizen van voor 1940 met open keuken, huizen van na 1945 eengezinswoningen, gebouwd tussen 1985 en 1993 eengezinswoningen, gebouwd tussen 1985 en 1993	winter maart/april maart/april april/mei april/mei april/mei april/mei nov./dec. nov./dec. okt./maart okt./maart gehele jaar gehele jaar	opblaas-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode tracer-methode	4 1 1 6 3 4 4 36 36 6 26 1253 827	1,85 (0,6- 3,1) 0,98 0,86 1,15 0,77 1,08 0,81 0,42 (0,19-1,79) 0,39 (0,18-1,05) 1 (0,3-3) 2 (0,5-7) 0,9 sd. 0,7 0,97 0,85 (mediaan) 0,56 (25 percentiel) 1,17 (75 percentiel)	1 2 2 2 2 2 2 3 3 4 4 16 16,17

ruimte ^{a)}	staat	jaargetijde	meetmethode ^{b)}	aantal metingen	ventilatievoud [h ⁻¹] (range)	ref.
keuken	mechanische ventilatie; in 1987 gerenoveerd huizen van voor 1940 huizen van na 1945	winter	opblaas-methode	4	5 (1,7-8,3)	1
		okt./maart	tracer-methode	69	6 (0,9-47)	4
		okt./maart	tracer-methode	72	4 (0,5-24)	4
slaapkamer	mechanische ventilatie; in 1987 gerenoveerd; gesloten ramen mechanische ventilatie; in 1987 gerenoveerd; open ramen flat's '60 flat's '80 eengezinswoning '60 eengezinswoning '80 overdag 's nachts	winter	opblaas-methode	4	0,6 (0,3-0,9)	1
		winter	opblaas-methode	4	2,75 (1,5-4,0)	1
		maart/april	tracer-methode	1	1,04	2
		april/mei	tracer-methode	6	2,88	2
		april/mei	tracer-methode	3	0,81	2
		april/mei	tracer-methode	4	2,07	2
		april/mei	tracer-methode	4	1,21	2
kantoor	niet extra geventileerd, kamerdeur open buitenraam en kamerdeur geopend veelal raam en deur gesloten raam en deur gesloten, niet bewoond raam en deur geopend, niet bewoond	nov./dec.	tracer-methode	36	3,7 (0,67-25)	3
		nov./dec.	tracer-methode	36	2,36 (0,68-5,39)	3
		jan./feb.	tracer-methode	1	0,91	2
		jan./feb.	tracer-methode	1	2,31	2
		jan./feb.	tracer-methode	1	0,41	2
			tracer-methode	1	0,14	5
			tracer-methode	1	6,3	5

a) tenzij anders vermeld betreft het steeds bewoonde ruimten

b) zie referentie 2

Tabel 6: meetwaarden van ventilatievouden van woningen buiten Nederland

opmerkingen	jaargetijde	aantal metingen	ventilatievoud [h ⁻¹] (range)	referentie
USA; perfluortracer-methode		735	1 [mediaan] 0,5 [25 percentiel] 1,7 [75 percentiel]	7 7 7
metingen overdag metingen 's nachts		175 175	0,87 0,78	
USA; tracer-methode	stookseizoen	9	0,39	2 (uit Dietz et al., 1986)
Canada, energiezuinige woningen; tracer-methode	stookseizoen	7	0,25	
USA; tracer-methode	stookseizoen	30	0,44	
Finland, meting met twee verschillende tracertechnieken: rate of decay-methode		50	0,5 (0,1-1,2)	2 (uit Ruotsalainen et al., 1989)
perfluortracer-methode		50	0,8 (0,2-1,9)	
Finland; perfluortracer-methode				
eengezinswoningen	winter	162	0,45	2 (uit Rönning et al., 1990)
flat's	winter	89	0,65	
Denemarken, woningen van na 1982; perfluortracer-methode				
flats, mechanische ventilatie	winter	67	0,59 (0,22-1,53)	2 (uit Bergsoe, 1991)
eengezinswoningen, natuurlijke ventilatie	winter	20	0,33 (0,20-0,50)	
eengezinswoningen, mechanische ventilatie	winter	36	0,55 (0,22-1,16)	
Denemarken, nieuwere eengezinswoningen			0,37	16 (uit Andersen et al., 1997)
USA, natuurlijke ventilatie, gesloten ventilatieopeningen			0,25 -0,4	16 (uit Cavallo et al., 1996)
natuurlijke ventilatie, ventilatieopeningen open			1	

3.3.1 Defaults

Omdat het ventilatievoud afhangt van parameters als klimaat, type woning en bewonersgedrag is bij het schatten van de defaults uitgegaan van de Nederlandse meetgegevens. De buitenlandse waarnemingen zijn vooral gebruikt als aanvullende achtergrondgegevens, ter onderbouwing van de juistheid van de schatting. Voor het afleiden van de defaults zijn onderstaande criteria gehanteerd.

Bewoonde woonhuizen

De in tabel 5 vermelde Nederlandse waarnemingen aan woonhuizen zijn allemaal uitgevoerd in ruimten die gewoon werden bewoond.

25 Percentiel, gemiddeld gedurende het gehele jaar

Zoals in paragraaf 2.1 is weergegeven wordt voor de defaultwaarden uitgegaan van een 75 of een 25 percentiel. Voor ventilatievouden is het 25 percentiel geschat, omdat relatief geringe ventilatie een relatief grote blootstelling tot gevolg heeft. Voor de default is een schatting gemaakt van het 25 percentiel gedurende het gehele jaar.

Veruit de meeste metingen van ventilatievouden zijn uitgevoerd in de winterperiode.

Bij het schatten van de defaults is daarom uitgegaan van gemiddelde ventilatievouden in de winterperiode. Aangenomen is dat de gevonden gemiddelde ventilatievouden in de winterperiode overeen komen met het 25 percentiel als het ventilatievoud gedurende het gehele jaar in beschouwing wordt genomen.

Huis gebouwd in de tachtiger jaren

Met betrekking tot het type woning is voor de defaults als standaardwoning gekozen voor nieuwe, in de tachtiger jaren gebouwde, goed geïsoleerde woning.

Overdag / 's nachts

Voor de woonkamer en voor gehele woningen liggen de waarden van de ventilatievouden overdag en 's nachts zo dicht bij elkaar dat als default één waarde wordt gegeven. Voor slaapkamers zijn een tweetal defaultwaarden gegeven een algemene waarde, waarbij sprake is van een relatief geringe ventilatie, en een waarde met "open raam". Deze laatste kan gelezen worden als de waarde overdag, als de slaapkamer wordt gelucht, terwijl de algemene waarde als defaultwaarde voor 's nachts kan worden gelezen.

De defaultwaarden voor ventilatievouden in de verschillende ruimten van een woning zijn in tabel 7 weergegeven.

Tabel 7: defaults van ventilatievoud in woningen

ruimte	ventilatievoud [h^{-1}]	Q
gehele woning	0,6	8
woonkamer	0,5	8
keuken	2,5	7
slaapkamer	1	7
slaapkamer (raam open)	2,5	7
badkamer	2	6
toilet	2	6
schuur	1,5	6
garage	1,5	6
default als geen ruimte gespecificeerd is	0,6	8

Op basis van de literatuurgegevens zijn in tabel 8 vermenigvuldigingsfactoren weergegeven om uitgaande van de in tabel 7 vermelde defaultwaarden het ventilatievoud te kunnen extrapoleren naar meer specifieke omstandigheden, zoals in de zomer, in de winter of voor oudere woningen. De defaults in tabel 7 zijn schattingen voor het 25 percentiel van nieuwere, na 1980 gebouwde, woningen als het ventilatievoud gedurende het gehele jaar in beschouwing wordt genomen. Het gemiddelde van nieuwere huizen in de *winter*, in tabel 8, heeft een vermenigvuldigings-factor 1 omdat bij de schatting van de defaults is aangenomen het 25 percentiel als het gehele jaar in beschouwing wordt genomen overeenkomt met het gemiddelde ventilatievoud in de winter. De metingen zijn veelal uitgevoerd in de winterperiode, de kwaliteitsfactor is daarom een punt hoger dan in tabel 7.

Tabel 8: factoren voor ventilatievouden onder meer specifieke omstandigheden

vermenigvuldigingsfactor van defaultwaarde uit tabel 5 naar:	factor	Q
het gemiddelde van nieuwere ^{a)} huizen in de winter	1	(Q tabel 7) ^{b)} +1
25 percentiel van nieuwere ^{a)} huizen in de winter	0,6	(Q tabel 7)
25 percentiel van nieuwere ^{a)} huizen in de zomer	1,4	(Q tabel 7)
woning gebouwd voor 1980	1,6	(Q tabel 7) -1

a) nieuwere huizen: gebouwd na 1980

b) De Q waarde vermeld in tabel 7 voor de betreffende ruimte

4 Gevoeligheidsanalyse van ventilatie en kamergrootte

Om de gevoeligheid van humane blootstelling en opname voor ventilatie en kamergrootte te beschrijven wordt in dit hoofdstuk een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Als uitgangspunt wordt het verven van een kamer met een traditionele, oplosmiddelrijke, verf genomen. Als indicator wordt de inhalatoire blootstelling aan en de inhalatoire opname van het oplosmiddel white spirit berekend met behulp van computermodel CONSEXPO. De blootstelling en opname zijn steeds berekend voor een persoon die tijdens en enige tijd na het schilderen in de betreffende kamer verblijft, maar niet zelf verft. De invloed van de grootte van de ruimte op blootstelling en opname wordt in paragraaf 4.1 behandeld, de invloed van ventilatie in paragraaf 4.2. De invloed van de grootte van de ruimte terwijl steeds de helft van het wandoppervlak wordt geverfd komt in paragraaf 4.3 behandeld.

Parameters en modellen

De blootstelling van white spirit uit verf wordt berekend met behulp van het “paint model”, de opname met het “fraction model”. In alle voorbeelden zijn als parameters de defaultwaarden uit de factsheet verf voor het verven met een kwast of roller van grote oppervlakken met een oplosmiddelrijke verf gebruikt¹⁸⁾. De parameters zijn in tabel 9 weergegeven.

Tabel 9: defaultwaarden verven (verf oplosmiddelrijk, kwasten, grote oppervlakken)

	defaultwaarde	Q	opmerkingen
Default			
<i>Contact scenario</i>			
Totale duur gebruik	13,3 min/m ²	6	aantal minuten nodig om 1 m ² te verven
Totale duur contact	500 min	6	
<i>Blootstelling: paint model</i>			
Dichtheid verf	1,18 g/cm ³	7	100 g verf per m ² geverfd oppervlak
Molecuulgewicht matrix	250 g/mol	5	
Kamertemperatuur	20 °C	9	
Hoeveelheid verf	100 g/m ²	6	
Fractie verflaag 1	0,1	4	
Uitwisselingssnelheid	0,4 min ⁻¹	4	
<i>Opname: fraction model</i>			
Geabsorbeerde fractie	1	7	
Inhalatie snelheid	13,9 l/min	7	
Respirabele fractie	1	7	
Compound			
<i>white spirit</i>			
Molecuulgewicht	140 g/mol	7	¹⁹⁾
Log Kow	5,7	4	gegevens n-decaan ²⁰⁾
Dampdruk	0,6 kPa	7	bij 20 °C ¹⁹⁾
Gewichtsfractie white spirit	0,3	7	²¹⁾

In alle berekeningen is ervan uit gegaan dat per m² oppervlak 100 g verf wordt gebruikt en dat één m² in 13,3 minuten wordt geverfd.

4.1 Kamergrootte

Om het effect van de grootte van de ruimte op blootstelling en opname te bestuderen zijn de inhalatoire blootstelling en opname van white spirit berekend in ruimten van verschillende grootte als steeds een oppervlak van 2,5 m² wordt geverfd bij een ventilatievoud van 1,5 h⁻¹. De resultaten zijn in tabel 10 weergegeven.

Conclusie

Uit de tabel blijkt dat de blootstelling en de opname van het oplosmiddel omgekeerd evenredig zijn met de inhoud van de ruimte.

4.2 Ventilatievoud

De invloed van ventilatie op blootstelling en opname wordt bestudeerd door de blootstelling en de opname van white spirit uit verf te berekenen bij verschillende ventilatievouden, als in een kamer van 30 m³ (1x4x2,5 m) 2 wanden (15 m²) worden geverfd. In 200 minuten wordt steeds 1500 g verf verbruikt. De resultaten van de berekeningen zijn in tabel 11 weergegeven.

Conclusie

Het blijkt dat vanaf ventilatievoud van 1,5 h⁻¹ de opname omgekeerd evenredig is met het ventilatievoud. Bij een ventilatievoud van 0,7 h⁻¹ is er een kleine afwijking m.b.t. deze omgekeerd evenredigheid. Dit wordt veroorzaakt omdat bij dit lage ventilatievoud de evenwichtssituatie nog niet is bereikt. De opname bij ventilatievoud van 0,7 h⁻¹ is iets groter

Tabel 10: blootstelling aan en opname van white spirit in verschillende ruimten met ventilatievoud 1,5 h⁻¹, door het verven van 2,5 m²

ruimte	inhoud kamer [m ³]	gemiddelde blootstelling [mg/m ³]	opname [mg]
woonkamer	58	34	238
kamer 1	40	50	345
kamer 2	30	62	460
slaapkamer /keuken	16	124	862
toilet	2,5	794	5510

Tabel 11: opname van white spirit bij verschillende ventilatievouden in kamer 30 m³ als 15 m² wordt geleverd

ventilatievoud [h ⁻¹]	opname [mg]
0,7	5760
1,5	2760
3	1380
6	691

dan 2 keer de opname bij ventilatievoud 1,5 h⁻¹. Bovenstaand, omgekeerd evenredig, verband is niet alleen van toepassing op de opname maar ook op de gemiddelde blootstelling. Als het ventilatievoud groter wordt, zal de evenwichtssituatie sneller worden bereikt. Dit is goed te zien in figuur 2 t/m 4 waar de blootstelling van white spirit is weergegeven bij ventilatievouden van 0,7; 1,5 en 3 h⁻¹.

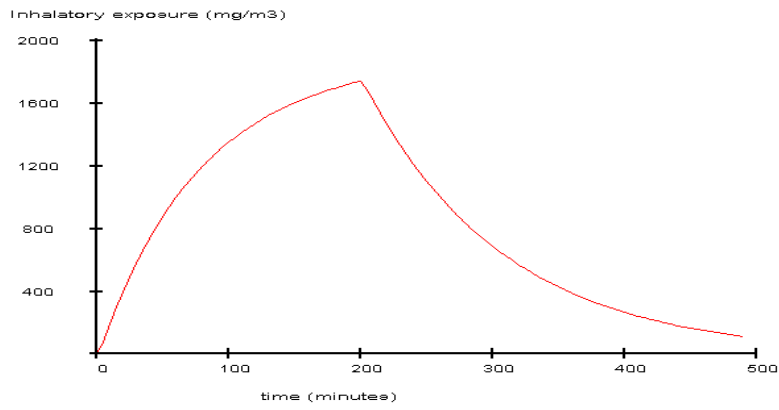
4.3 Variatie van kamergrootte onder gelijkblijvende relatieve omstandigheden

In deze paragraaf wordt de invloed van de grootte van de ruimte onder gelijkblijvende relatieve omstandigheden bestudeerd. In kamers van verschillende grootte wordt de inhalatoire blootstelling en opname bestudeerd als de helft van het wandoppervlak wordt geleverd. In een kamer van 40 m³ (lxbxh=4x4x2,5 m) betekent dit 2 wanden ofwel 20 m², dit komt overeen met 0,5 m² geleverd oppervlak per m³ inhoud. Voor alle andere ruimten geldt ook dat 0,5 m² oppervlak wordt geleverd per m³ inhoud. In tabel 12 wordt de inhalatoire blootstelling en opname van white spirit veroorzaakt door het verven van de helft van het wandoppervlak in ruimten van verschillende grootte weergegeven.

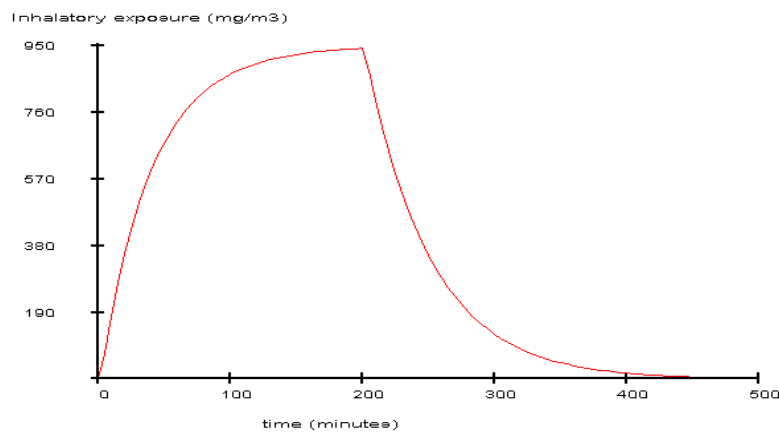
Conclusie

Onder gelijkblijvende omstandigheden neemt bij kleiner wordende ruimten de opname toe tot de evenwichtssituatie is bereikt en blijft daarna constant. De opname blijft constant, dit geldt ook voor de gemiddelde blootstelling. In de tabel is de gemiddelde blootstelling voor verschillende ruimten weergegeven. De maximale blootstelling neemt sterk toe bij kleiner wordende ruimten, de blootstelling van de voorbeelden uit tabel 12, uitgezet tegen de tijd, is in de figuren 5-8 weergegeven. Uit tabel 12 en de figuren 5-8 blijkt dat, onder relatief gezien gelijkblijvende omstandigheden (het gebruik van eenzelfde hoeveelheid verf per m³ inhoud van de ruimte):

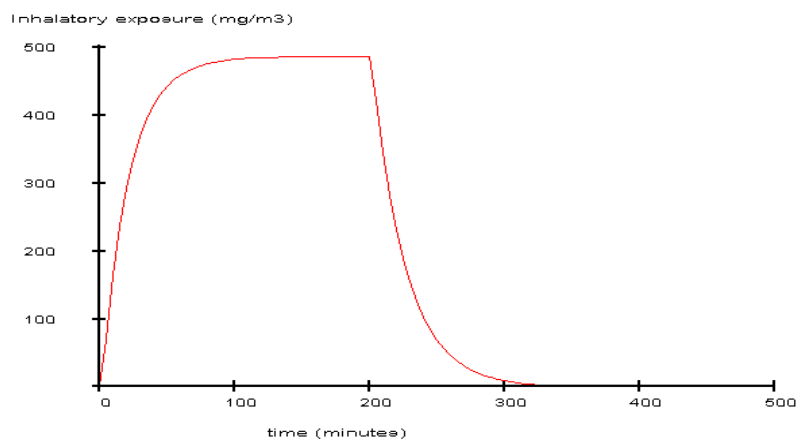
- in een kleiner wordende ruimte de piek- blootstelling hoger is dan in een grotere ruimte,
- in een kleinere ruimte de hoeveelheid product die nodig is om een bepaalde gemiddelde blootstelling en opname te veroorzaken kleiner is dan in een grotere ruimte, terwijl bovendien in een kleinere ruimte de gebruiksduur om deze blootstelling en opname te verkrijgen korter is,
- bij een constante gemiddelde blootstelling en opname het de te verven oppervlakte, de gebruikte hoeveelheid verf én de verftijd omgekeerd evenredig zijn met de inhoud van de betreffende ruimte.



Figuur 2: blootstelling kamer 2 (30 m³ inhoud, ventilatievoud 0,7 h⁻¹)



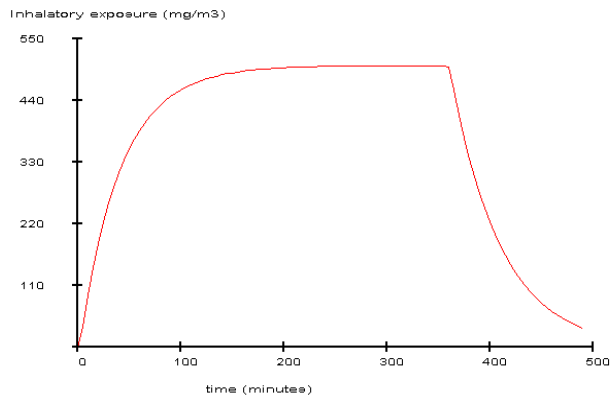
Figuur 3: blootstelling kamer 2 (30 m³ inhoud, ventilatievoud 1,5 h⁻¹)



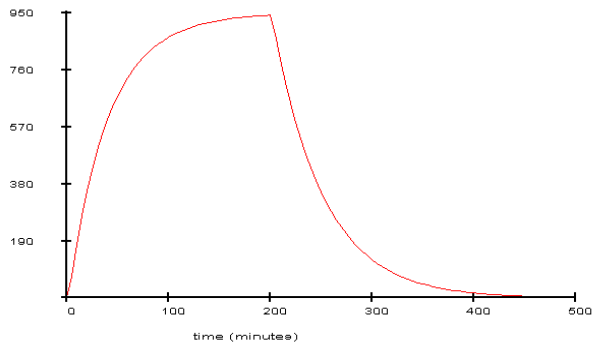
Figuur 4: blootstelling kamer 2 (30 m³ inhoud, ventilatievoud 3 h⁻¹)

Tabel 12: blootstelling aan en opname van white spirit als in ruimten van verschillende grootte de helft van het wandoppervlak wordt geverfd (ventilatievoud $1,5 h^{-1}$)

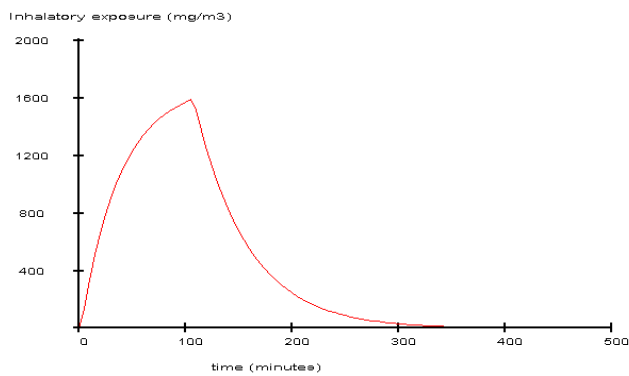
ruimte	inhoud kamer [m ³]	te verven opp. [m ²]	gebruikte hoeveelheid verf [g]	verftijd [min.]	gemiddelde blootstelling [mg/m ³]	opname [mg]
woonkamer	58	27	2700	359	367	2550
kamer 1	40	20	2000	266	397	2760
kamer 2	30	15	1500	200	397	2760
slaapkamer /keuken	16	8	800	106	397	2760
toilet	2,5	1,25	125	16,6	397	2760



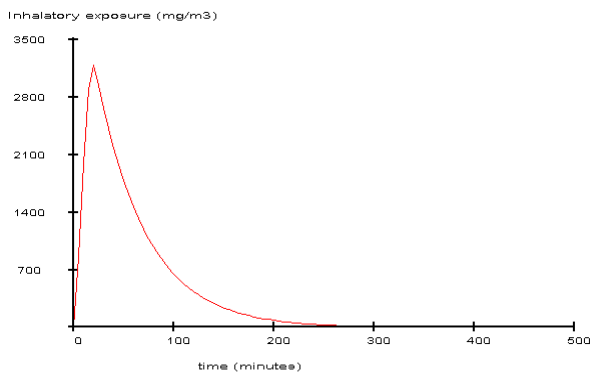
Figuur 5: blootstelling woonkamer 58 m³, ventilatievoud 1,5 h⁻¹



Figuur 6: blootstelling kamer 2, 30 m³, ventilatievoud 1,5 h⁻¹



Figuur 7: blootstelling slaapkamer/keuken 16 m³, ventilatievoud 1,5 h⁻¹



Figuur 8: blootstelling toilet 2,5 m³, ventilatievoud 1,5 h⁻¹

5 Lichaamsoppervlak en lichaamsgewicht

Het oppervlak van (delen van) het menselijk lichaam wordt uitgebreid behandeld in het “Exposure factors handbook” van de EPA ¹⁰⁾ en het “Report of the task group on reference man” van de ICRP ¹¹⁾. Het totale lichaamsoppervlak is afhankelijk van de lichaamslengte en van het gewicht.

Voor het lichaamsoppervlak wordt de volgende empirische formule gehanteerd:

$$SA = a_0 H^{a1} W^{a2},$$

waarbij SA het lichaamsoppervlak (in m²),

H de lichaamslengte (in cm),

W het gewicht (in kg) is ^{10,11)}.

Verskillende onderzoekers hebben op basis van metingen van oppervlak, gewicht en lengte van mensen waarden voor de constanten gegeven. Op basis van de onderzoeken stelt de EPA dat onderstaande constanten de beste keuze zijn

$$SA = 0,02350 H^{0,42246} W^{0,51456} \quad (**)$$

Uit onderzoek bij kinderen en volwassenen bleek dat bovenstaande constanten het lichaamsoppervlak van zowel volwassenen als kinderen goed voorspellen ¹⁰⁾.

5.1 Volwassenen

5.1.1 Totaal lichaamsoppervlak

In tabel 13 zijn gegevens over gewicht, lengte en lichaamsoppervlak van volwassenen uit de verschillende onderzoeken weergegeven. De vermelde gegevens van de ICRP ¹¹⁾ zijn de defaultwaarden. De lichaamsgewichten van de EPA ¹⁰⁾ zijn gemiddelden, voor de lichaamsoppervlakken geeft de EPA de mediaan. Het CBS ¹²⁾ en het RIVM ²⁴⁾ geven geen informatie over het lichaamsoppervlak, de lichaamsoppervlakken zijn berekend met behulp van de hierboven vermelde formule (**).

Tabel 13: gewicht, lengte en lichaamsoppervlak van mensen

	gewicht [kg]	lengte [cm]	oppervlak [m ²]	referentie
mannen	70 (ref)	170 (ref)	1,8 (ref)	11 (ICRP, 1992)
	78,1 (gem)		1,94 (med)	10 (EPA, 1996)
	79,2 (gem)	179,5 (gem)	2,0 (ber)	12 (CBS, 1998)
	82,3 (gem)		2,03 (ber)	24 (RIVM, 1999)
vrouwen	58 (ref)	160 (ref)	1,6 (ref)	11 (ICRP, 1992)
	65,4 (gem)		1,69 (med)	10 (EPA, 1996)
	66,8 (gem)	167,2 (gem)	1,78 (ber)	12 (CBS, 1998)
	69,0 (gem)		1,79 (ber)	24 (RIVM, 1999)
volwassenen	71,8 (gem)			10 (EPA, 1996)
	75,0 (gem)		1,90 (ber)	24 (RIVM, 1999)

ref : referentiewaarde

gem: gemiddelde

med: mediaan

ber : berekend met behulp van bovenstaande formule (**) uit gegevens over lichaamslengte en lichaamsgewicht

De referentiewaarden van de ICRP in tabel 13 wijken aanzienlijk af van de huidige gemiddelden van de Nederlanders, zoals berekend uit de gegevens van het CBS en het RIVM. De ICRP heeft gebruik gemaakt van minder recente gegevens, veelal uit begin jaren '60, terwijl de lengte van de Nederlanders de laatste decennia is toegenomen. Daarnaast speelt mee dat Nederlanders tot de langste mensen ter wereld behoren. De hierboven genoemde redenen gaan in mindere mate ook op voor de EPA gegevens in tabel 13 met betrekking tot lichaamsgewicht en –oppervlak.

De CBS gegevens over lengte en gewicht van mensen(ref ¹²⁾) zijn afkomstig uit enquêtegegevens, waarbij de mensen zelf aangeven hoe lang en hoe zwaar ze zijn. De RIVM gegevens over lengte en gewicht van mensen(ref ²⁴⁾) zijn meetgegevens uit 1995 t/m 1997. De metingen zijn verricht in het kader van het project "MORGEN" ²⁵⁾. Omdat de RIVM gegevens gebaseerd zijn op metingen en de CBS gegevens op enquêteresultaten worden de RIVM gegevens als meer betrouwbaar beschouwd. De resultaten van het RIVM onderzoek zijn in tabel 14 weergegeven. De uitgangspunten voor de berekening van de defaultwaarden voor het lichaamsgewicht en het totale lichaamsoppervlak van mensen wordt in het onderstaande samengevat.

- Er zijn goede, zeer recente Nederlandse gegevens met betrekking tot lichaamslengte en lichaamsgewicht.
- Het totaal lichaamsoppervlak wordt berekend met de in het begin van deze paragraaf vermelde formule (**).
- Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van de gemeten waarden van lengte en gewicht van het RIVM ²⁴⁾.
- Voor de defaultwaarden wordt het 25 percentiel voor de lengte en voor het oppervlak voor mannen, vrouwen en volwassenen genomen.

Tabel 14: gewicht en oppervlak van mensen ^{a)}

	Mannen	Vrouwen	Volwassenen
Gewicht [kg]			
gemiddelde	82,3	69,0	75,0
sd	12,4	12,0	13,9
25 perc.	74,2	60,7	64,8
50-perc.	81,0	67,2	73,7
75-perc.	89,3	75,0	83,3
default	74	61	65
Oppervlakte [m²]			
gemiddelde	2,03	1,79	1,90
sd	0,17	0,17	0,21
25 perc.	1,91	1,68	1,75
50-perc.	2,02	1,78	1,89
75-perc.	2,13	1,89	2,03
default	1,91	1,68	1,75

- a) gegevens uit 1995,1996 en 1997
mannen: n = 6094; vrouwen: n= 7443

5.1.2 Oppervlak lichaamsdelen

De EPA ¹⁰⁾ geeft informatie over het oppervlak van delen van het menselijk lichaam. Bij deze gegevens is uitgegaan van verschillende datasets en de gegevens van die verschillende onderzoeken zijn vermeld. De som van de oppervlakken van de verschillende lichaamsdelen wijkt bijvoorbeeld zeer aanzienlijk af van het totale lichaamsoppervlak. In tabel 15 zijn de EPA-gegevens voor oppervlakken van de verschillende lichaamsdelen voor mannen weergegeven. De som van alle lichaamsdelen geeft een oppervlakte van 1,62 m², terwijl een totaal lichaamsoppervlak (mediaan!) van 1,94 m² wordt gegeven. Deze gegevens van oppervlakken van lichaamsdelen worden veel toegepast. Meestal voor volwassenen, terwijl de gegevens betrekking hebben op mannen. Het ICRP ¹¹⁾ geeft het relatieve oppervlak van de grotere lichaamsdelen (zie tabel 15). De basisgegevens van de EPA ¹⁰⁾ geven voor mannen en vrouwen afzonderlijk voor de lichaamsdelen het oppervlak weer. In tabel 15 is het 50 percentiel van de basisgegevens voor mannen weergegeven. De relatieve oppervlakken van de EPA-gegevens, de EPA-basisgegevens en de ICRP gegevens komen goed met elkaar overeen.

Samengevat wordt geconcludeerd dat:

- bij de EPA-gegevens het totaal oppervlak niet overeen komt met de som van de deeloppervlakken,
- de relatieve waarden van de EPA gegevens, de EPA basisgegevens en de ICRP gegevens wel goed met elkaar overeen komen,
- bij de EPA basisgegevens het oppervlak van lichaamsdelen van mannen en vrouwen afzonderlijk wordt gegeven.

Gezien bovenstaande zijn voor de berekening van de defaultwaarden de volgende criteria gehanteerd.

- Bij het oppervlak van de lichaamsdelen is uitgegaan van het relatieve lichaamsoppervlak van lichaamsdelen van mannen en van vrouwen (de mediaan) zoals weergegeven in de basisgegevens van de EPA ¹⁰⁾.
- Voor de absolute waarde is het relatieve lichaamsoppervlak vermenigvuldigd met de defaultwaarde van het totale lichaamsoppervlak .

Tabel 15: Literatuurgegevens lichaamsoppervlak

	EPA gegevens ¹⁰⁾		EPA gegevens ¹⁰⁾	ICRP ¹¹⁾
	mannen		basisgegevens mannen	volwassenen
gewicht [kg]	78,1			
oppervlak	[m ²]	[%] ^{b)}	[%]	[%]
totaal	1,94 ^{a)}	100	100	100
hoofd	0,118	7,3	6,4	7,5
romp	0,569	35,1	36,4	34,6
armen	0,228	14,1	14,3	} }
handen	0,084	5,2	4,9	} }
benen	0,505	31,2	31,5	} }
voeten	0,112	6,9	6,5	} }

a) mediaan, som lichaamsdelen 1,62 m² zie tekst

b) berekend t.o.v. som lichaamsdelen

- Voor de absolute waarde is het relatieve lichaamsoppervlak vermenigvuldigd met de defaultwaarde van het totale lichaamsoppervlak .
- Voor het relatieve oppervlak van de lichaamsdelen van volwassenen is het gemiddelde van mannen en vrouwen genomen.

De resultaten van de berekeningen zijn in tabel 16 weergegeven. Evenals de defaultwaarden voor lichaamsgewicht en totaal lichaamsoppervlak komen de defaultwaarden voor het oppervlak van lichaamsdelen overeen met de 25 percentiel-waarden.

5.2 Kinderen

In tegenstelling tot de gegevens voor volwassenen zijn voor kinderen met betrekking tot lengte en gewicht geen gegevens op persoonsniveau beschikbaar. Het totaal lichaamsoppervlak bij kinderen wordt daarom berekend uitgaande van de gemiddelden en de standaarddeviaties van lengte en gewicht en de correlatiecoëfficiënt tussen lengte en gewicht. Recente gegevens met betrekking tot lichaamslengte en -gewicht van Nederlandse kinderen bij verschillende leeftijden zijn in tabel 17 weergegeven. In het proefschrift van Steenbekkers²⁶⁾ (1993) zijn in een voorstudie 176 kinderen tot 1,5 jaar gemeten en gewogen, in het onderzoek werd van 2245 kinderen tussen 2 en 13 jaar gewicht en lengte bepaald. De CBS gegevens met betrekking tot lengte en gewicht van kinderen^{15, 22)} zijn verkregen uit enquêtes. Bij de andere twee genoemde bronnen zijn lengte en gewicht daarwerkelijk gemeten. In het “Statistisch Jaarboek 1997” van de CBS¹⁵⁾ wordt alleen de gemiddelde waarde van gewicht en lengte van kinderen, uit 1992 tot 1995, gegeven en geen standaarddeviatie. Met behulp van deze gegevens kan de spreiding van het lichaamsoppervlak van kinderen niet worden berekend. Daarom worden deze gegevens niet gebruikt, maar wordt uitgegaan van de zeer uitgebreide CBS gegevens uit 1994²²⁾. Deze gegevens zijn verkregen tussen 1989 en 1992. In de groeistudie van TNO²⁷⁾ is zeer recent van een groot aantal kinderen lichaamslengte en -gewicht bepaald. Van de kinderen ouder dan 1,5 jaar zijn gegevens over lengte bij een bepaalde leeftijd beschikbaar en gegevens over het gewicht bij een bepaalde lengte. Echter gegevens over de over het gewicht bij een bepaalde leeftijd zijn niet beschikbaar. Om voor een bepaalde leeftijd het lichaamsoppervlak van kinderen te berekenen is het noodzakelijk om gegevens met betrekking tot gewicht bij een bepaalde leeftijd te kennen. Voor kinderen jonger dan 1,5 jaar zijn wel gegevens beschikbaar over lengte en gewicht bij een bepaalde leeftijd.

Tabel 16: defaultwaarden voor lichaamsgewicht en lichaamsoppervlak

	defaultwaarden						kwaliteitsfactor Q
	volwassenen		mannen		vrouwen		
gewicht [kg]	65		74		61		9
oppervlak	[m ²]	[%]	[m ²]	[%]	[m ²]	[%]	
totaal	1,75	100	1,91	100	1,68	100	8
hoofd	0,116	6,6	0,122	6,4	0,113	6,7	7
romp	0,630	36	0,695	36,4	0,585	34,8	7
armen	0,245	14	0,273	14,3	0,232	13,8	7
handen	0,086	4,9	0,094	4,9	0,082	4,9	7
benen	0,560	32	0,602	31,5	0,553	32,9	7
voeten	0,117	6,7	0,124	6,5	0,116	6,9	7

Van deze gegevens uit de groeistudie van TNO²⁷⁾ is gebruik gemaakt voor de berekening van het lichaamsoppervlak van kinderen jonger dan 1,5 jaar.

Voor de gegevens van kinderen vanaf 1,5 jaar is gebruik gemaakt van de CBS gegevens uit 1994²²⁾. Uit tabel 17 blijkt dat deze gegevens goed overeen komen met de gegevens van Steenbekkers en van TNO. De gegevens waarmee de berekeningen van het lichaamsoppervlak van kinderen zijn uitgevoerd zijn in tabel 18 weergegeven.

Voor de risicoschatting wordt nagenoeg altijd uitgegaan van kinderen en niet van jongens of meisjes. Daarom is uit de gegevens van lengte en gewicht en de standaarddeviatie van jongens en meisjes het lichaamsgewicht en het -oppervlak van kinderen berekend en niet van jongens en meisjes afzonderlijk. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het computerprogramma At Risk for Windows (version 3.5e). Uit de gemiddelde lengte, het gemiddeld gewicht en de standaarddeviaties van respectievelijk jongens en van meisjes zijn 2000 trekkingen uitgevoerd voor lengte en gewicht. Hierbij is gebruik gemaakt van de partiële correlatiecoëfficiënt (uitgezonderd leeftijd en sekse) tussen lichaamsgewicht en lichaamslengte zoals weergegeven door Steenbekkers²⁶⁾.

Bij de *partiële* correlatiecoëfficiënt wordt uitgegaan van de correlatie binnen een bepaalde leeftijdsgroep (in de correlatie is niet meegenomen dat als kinderen ouder worden ze ook langer en zwaarder worden) voor jongens of voor meisjes. De de partiële correlatiecoëfficiënt (uitgezonderd leeftijd en sekse) tussen lichaamslengte en lichaamsgewicht bedraagt 0,6246, de correlatiecoëfficiënt 0,9284²⁶⁾.

Uit de 2000 getrokken waarden voor lichaamsgewicht en lichaamslengte voor een bepaalde leeftijdscategorie is, voor jongens en meisjes apart, het lichaamsoppervlak bereken met behulp van de formule die aan het begin van dit hoofdstuk is besproken:

$$SA = 0,02350 H^{0,42246} W^{0,51456}$$

Uit de 4000 gevonden waarden voor de lichaamsoppervlakte zijn het gemiddelde, de standaarddeviatie en het 25 percentiel bepaald. Bij de berekeningen is aangenomen dat de gewichten en de lengtes binnen een bepaalde leeftijdscategorie voor jongens en voor meisjes normal verdeeld zijn. Uit de 4000 getrokken waarden voor het lichaamsgewicht is het gemiddelde, de standaarddeviatie en het 25 percentiel berekend. De resultaten van de berekeningen zijn in tabel 19 weergegeven. Voor de defaultwaarde voor lichaamsgewicht en -oppervlak is het 25 percentiel genomen.

EPA¹⁰⁾ en ICRP¹¹⁾ geven voor kinderen, uitgesplitst naar *leeftijd* het relatieve aandeel van de grotere lichaamsdelen. Bij de EPA is het aantal kinderen in een bepaalde leeftijdscategorie veelal 1 of 2. Om deze reden is uitgegaan van de ICRP gegevens. Bij bovenstaande benadering is aangenomen dat het relatieve oppervlak van de verschillende lichaamsdelen bij kinderen afhankelijk is van de leeftijd en niet van het gewicht of de lengte. Het relatieve oppervlak van lichaamsdelen bij de ICRP wordt opgegeven per jaar, dus bij de geboorte, op 1 jarige leeftijd, op 2 jarige leeftijd enz. De lichaamsoppervlakken zijn berekend, op basis van de gegevens van CBS en TNO, op 1,5; 2,5; 3,5 jarige leeftijd. De ICRP gegevens zijn daarom omgerekend naar de laatstgenoemde leeftijden. Bij de berekening is ervan uit gegaan dat het verloop van de relatieve lichaamsoppervlakken binnen een jaar lineair is. Deze aanname zal waarschijnlijk de eerste 1,5 jaar na de geboorte het minst nauwkeurig zijn. Om deze reden is de kwaliteitsfactor Q voor de leeftijden tot en met 1,5 jaar lager ingeschat dan op latere leeftijd. De resultaten van de berekeningen zijn in tabel 19 weergegeven.

Tabel 17: gemiddelde waarden voor lengte en gewicht van kinderen bij verschillende leeftijden

Bron	Steenbekkers (1993) ²⁶⁾						CBS (1994) ²²⁾				TNO (1999) ²⁷⁾			
	leeftijd	jaar	jongens		meisjes		jongens		meisjes		jongens		meisjes	
			lengte [cm]	gewicht [kg]	lengte [cm]	gewicht [kg]	lengte [cm]	gewicht [kg]	lengte [cm]	gewicht [kg]	lengte [cm]	gewicht ^{a)} [kg]	lengte [cm]	gewicht ^{a)} [kg]
	0,0-2,9 (1,5)	59,8	5,6	57,0	5,0			56,3	4,8	55,1	4,5			
	3,0-5,9 (4,5)	65,6	7,3	62,3	6,1			65,0	7,0	62,2	6,5			
	6,0-8,9 (7,5)	71,2	8,6	69,3	8,1			70,5	8,5	68,8	8,0			
	9,0-1,9 (10,5)	75,5	9,5	73,5	9,1			74,8	9,8	73,1	9,1			
	12,0-14,9(13,5)	78,1	10,7	77,3	9,6			78,4	10,7	77,0	9,9			
	15,0-17,9(16,6)	83,3	11,2	77,1	9,8									
	1,5					82,8	11,5			80,2	10,8			
	2,5	93,3	14,5	92,9	14,1	93,3	14,2	93,3	13,5	93,3	13,5	84	12	
	3,5	102,1	17,0	100,4	16,6	101,9	16,1	102,1	16,0	102,1	16,0	94	14,5	
	4,5	108,5	18,6	108,2	18,4	110,2	18,7	109,4	18,0	109,4	18,0	102	17	
	6,5	122,5	23,5	122,7	23,6	123	23,5	123,3	22,8	123,3	22,8	110	19	
	9,5	141,8	31,9	139,2	32,1	140	32,1	141,2	32,7	141,2	32,7	124	24	
	12,5	156,3	42,5	156,6	44,4	157,2	44,2	158,3	45,3	158,3	45,3	141	33	
	13,5					162,6	49,4	164,0	50,6	164,0	50,6	158	44,5	
	16,5					179,9	65,6	170,5	60,2	170,5	60,2	164	50	
	17,5					181,3	69,7	170,0	60,9	170,0	60,9	180	63,5	
												182	65	

a) Het gewicht van kinderen tussen 1,5 en 17,5 jaar is het gemiddelde gewicht behorend bij de gemiddelde lengte.

Er is geen relatie tussen leeftijd en gewicht

b) gegevens bij Steenbekkers: lengte en gewicht in de periode van ... tot maanden
 gegevens van TNO: lengte en gewicht bij (...) maanden

Tabel 18: *gemiddelde lengte en gewicht van kinderen bij verschillende leeftijden*
(basisgegevens voor berekeningen)

leeftijd		jongens				meisjes			
maand	jaar	lengte [cm]	sd	gewicht [kg]	sd	lengte [cm]	sd	gewicht [kg]	sd
1,5		56,5	2,2	4,8	0,5	55,1	2,1	4,5	0,5
4,5		65,0	2,4	7,0	0,8	63,2	2,3	6,5	0,7
7,5		70,5	2,5	8,6	1,0	68,8	2,4	8,0	0,9
10,5		74,8	2,7	9,8	1,1	73,0	2,6	9,1	1,0
13,5		78,4	2,8	10,7	1,2	77,0	2,7	9,9	1,1
	1,5	82,8	7,5	11,5	1,9	80,2	7,0	10,8	1,9
	2,5	93,3	7,3	14,2	2,0	93,3	6,5	13,5	2,1
	3,5	101,9	6,1	16,1	2,8	102,1	5,9	16,0	2,9
	4,5	110,2	7,1	18,7	3,0	109,4	6,0	18,0	3,2
	6,5	123,0	7,6	23,5	3,9	123,3	7,0	22,8	3,7
	9,5	140,0	7,9	32,1	6,2	141,2	9,1	32,7	5,7
	12,5	157,2	9,1	44,2	8,2	158,3	8,1	45,3	7,9
	13,5	162,6	8,9	49,4	9,2	164,0	8,0	50,6	8,8
	16,5	179,9	7,7	65,6	8,6	170,5	6,2	60,2	8,6
	17,5	181,3	8,3	69,7	10,5	170,0	6,6	60,9	7,9

Tabel 19: gemiddelden en defaultwaarden van lichaamsgewicht en -oppervlak van kinderen

leeftijd maand	jaar	gewicht in kg			totaal lichaamsoppervlak in m ²			relatief lichaamsoppervlak in %						
		gemidd	sd	default- waarde ¹⁾	Q	gemidd.	sd	default- waarde ¹⁾	Q	hoofd	romp	armen en handen	benen en voeten	Q
1,5		4,65	0,52	4,30	8	0,283	0,020	0,270	7	20,4	32,2	16,9	30,5	5
4,5		6,75	0,79	6,21	8	0,364	0,026	0,346	7	19,5	32,8	17,2	30,5	5
7,5		8,30	1,0	7,62	8	0,419	0,031	0,398	7	18,5	33,5	17,4	30,6	5
10,5		9,45	1,1	8,69	8	0,459	0,033	0,437	7	17,6	34,1	17,7	30,6	5
13,5		10,3	1,2	9,47	8	0,490	0,035	0,467	7	16,9	34,3	17,9	30,9	5
	1,5	11,1	1,9	9,85	8	0,520	0,062	0,480	7	16,2	34,0	18,15	31,65	6
	2,5	13,9	2,1	12,5	8	0,616	0,062	0,575	7	14,8	33,6	18,65	32,95	6
	3,5	16,0	2,9	14,1	8	0,690	0,076	0,640	7	14,05	33,35	19,1	33,5	6
	4,5	18,4	3,1	16,3	8	0,762	0,081	0,709	7	13,4	33,05	19,5	34,05	6
	6,5	23,1	3,8	20,6	8	0,902	0,093	0,841	7	12,5	33,45	19,45	34,55	6
	9,5	32,4	6,0	28,4	8	1,13	0,13	1,05	7	11,2	33,55	19,3	35,95	6
	12,5	44,8	8,1	39,3	8	1,40	0,15	1,31	7	9,8	33,15	19,6	37,4	6
	13,5	50,0	9,0	43,9	8	1,51	0,16	1,40	7	9,4	32,75	20,0	37,8	6
	16,5	62,9	9,0	56,8	8	1,75	0,16	1,65	7	8,3	31,65	21,35	38,65	6
	17,5	65,3	10	58,2	8	1,79	0,18	1,67	7	8,05	32,1	21,0	38,8	6

1) betreft 25 percentiel

Literatuur

- 1) Van der Wal, J.F., A.M.M Moons, H.J.M. Cornelissen, 1991
Indoor air quality in renovated Dutch homes, *Indoor air* 1991, **4**, 621-633
- 2) Bloemen, H.J.Th., T.T.M. Balvers, A.P. Verhoef, J.H. van Wijnen P. van der Torn, E. Knol, 1992
Ventilatielucht en uitwisseling van lucht in woningen, RIVM/GG&GD Rotterdam/GG&GD Amsterdam/ Gemeente Rotterdam
- 3) Bloemen, H.J.Th., T.T.M. Balvers, H.J. van Scheindelen, E. Lebret, A. Oosterlee, M. Drijver, 1993
Het benzeen-onderzoek Zuid-Kennemerland, RIVM/GGD Haarlem
- 4) Lebret, E., J. Boleij, B. Brunekreeft, 1990
Home ventilation under normal living conditions, *Indoor air* 1990, **4**, 413-418
- 5) Van Veen, M.P., F. Fortezza, H. Bloemen, J.J. Kliest, 1997
Indoor air exposure to volatile compounds emitted by paints: experiment en model, JEAAEE (in press)
- 6) Janssen, M.P.M., L. de Vries, J.C. Phaff, E.R. van der Graaf, R.O. Blaauboer, P. Stoop, J. Lembrechts, 1998
Modelling radon transport in Dutch dwellings, RIVM rapportnr. 610050005
- 7) Özkaynak, H., J. Xue, R. Weker, D. Butler, P. Koutrakis, J. Spengler, 1996
The particle taem (PTEAM) study: analysis of the data, final report, volume 3, EPA/600/R-95/098
- 8) VROM, 1997
De kwaliteit van de Nederlandse woningvoorraad 1995; Resultaten van de KWR 1994-1996
- 9) Persoonlijke mededelingen K. Brouwer, VROM/DGV d.d.20-2-1998; 22-2-1998
- 10) EPA, 1996
Exposure Factors Handbook
- 11) ICRP, 1992
Report of the task group on reference man, ICRP nr. 23
- 12) CBS, 1998
Statistical Yearbook of the Netherlands 1998
- 13) Van Veen, M.P., 1997
CONSEXPO 2, consumer exposure and uptake models, RIVM rapportnr 612810005
- 14) Steentjes, G.M., M.P. van Veen, H.J. Bremmer, 1998
An exposure/uptake assesment database for consumer products: design and implementation, RIVM rapportnr. 612810007
- 15) CBS, 1997
Statistisch jaarboek 1997
- 16) Stoop, P., P. Glastra, Y. Hiemstra, L. de Vries, J. Lembrechts, 1998
Results of the second Dutch national servey on radon in dwellings, RIVM rapportnr. 610058006
- 17) Persoonlijke mededeling P. Stoop, RIVM, d.d. 03-03-1999
- 18) Bremmer, H.J., M.P. van Veen, 2000
Factsheet verf, RIVM rapportnr. 612810 010 (in press)

- 19) Shell Chemie , 1981
Shell Industrie chemicaliën gids
- 20) Mackay,D., Y.S.Wan, C.M.Kuo, 1993
Illustrated handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals
- 21) Manders-Maanders, E.H.C., 1992
Milieumatensudie voor vier bouwverven, NOVEM/RIVM, NOH studie nr. 9223
- 22) Verweij, G.C.G., 1994
Lengte en gewicht bij kinderen en jongeren tot 21 jaar, 1981-1992, Maandbericht gezondheidsstatistiek, CBS, februari 1994
- 23) Veen, M.P. van, 1996
A proposal for a consumer product categorization, RIVM rapportnr. 612810 003
- 24) RIVM, 1999
Persoonlijke mededelingen T. Visser, oktober 1999
- 25) Smit, H.A., W.M.M. Verschuren, H.B. Bueno de Mesquita, J.C. Seidell, 1994
Monitoring Project on Risk Factors for Chronical Diseases (MORGEN-project): Objectives and methods, RIVM report nr. 263200 001
- 26) Steenbekkes, L.P.A., 1993
Child development, design implications and accident prevention
- 27) Fredriks A.M., S. van Buuren, R.J.F. Burgmeijer, J.F. Meulmeester, R.J. Beuker, E. Brugman, M.J. Roede, S.P. Verloove-Vanhorick. J.M. Wit, 2000
Continuing positive secular growthchange in the Netherlands 1955-1997, Pediatric Research (in press)

Bijlage 1: verzendlijst

1-5	Directie Gezondheidsbeleid
6-10	Hoofdinspecteur voor de Gezondheidsbescherming
11	Directeur-Generaal Volksgezondheid
12	dr.ir. P.C. Bragt, VWS/IWV
13	dr. H. Roelfzema, VWS/afd. Gezondheidsbescherming
14	prof. dr. J.J. Sixma, Gezondheidsraad
15	Depot van Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
16	Directie RIVM
17	dhr. P. van Broekhuizen, UvA
18	drs. R. van Buuren, WVS/IWV-noord
19	dr. S. van Buuren, TNO/PG
20	drs. J. van Dongen, AKZO-Nobel
21	dhr. H. Falke, CTB
22	dhr. R.J.M. Groenewoud, TNO-Industrie
23	dhr. M. Koene, Natuur en Milieu
24	dr. R. Luijk, Consumentenbond
25	drs. M.C.H. Weerdesteijn, CREM
26	mr. J.A.M. Whyte, VWS/GZB
27	drs. A.W. van der Wielen, VROM, DGM/SVS
28	mw. H. van Wieringen, Milieu Centraal
29	drs. A.C. Winkelaar, VVVF
30	drs. H.J.Th.M. Bloemen, LLO
31	drs. J.C.H. van Eijkeren, LBM
32	dr.ir. J.G.M. van Engelen, CSR
33	dr. J.L. Freijer, LBM
34	dhr. G.M. Steentjes, LBM
35	dr. M.P.M. Janssen, LSO
36	ir. J.J.G. Kliet, IEM
37	dr. W.H. Könemann, CSR
38	dr. M.A.J. Kuijpers-Linde, LAE
39	dr.ir. E. Lebret, LBM
40	dr. A.K.D. Liem, LOC
41	dr.ir. G. de Mik, sector RMV
42	dr.ir. M.N. Pieters, CSR
43	ing. P. van der Poel, CSR
44	dr. M.T.M. van Raaij, CSR
45	drs. G.A. Rood, LAE
46	dr. P. Stoop, LSO
47	dhr. L. Verdam, CSR
48	drs. T.G. Vermeire, CSR
49	drs. T.L.S. Visser, CZE
50	Hoofd Voorlichting en PR
51	Bureau Rapportenregistratie
52	Bibliotheek

- 53 Achief LBM
- 54-55 Auteurs
- 56-125 Reserve exemplaren t.b.v. Bureau Rapportenbeheer