
Vluchtige organische stoffen uit bouwmaterialen in verblijfsruimten

Onderwerp : Aanbieding advies
Uw kenmerk : DBD 97522401/Z 134938
Ons kenmerk : U 1257/WR/mj/598-F
Bijlagen : 1
Datum : 17 mei 2000

Mijnheer de minister,

Op 22 april 1997 verzocht de toenmalig staatssecretaris voor Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer de Gezondheidsraad te adviseren over een gezondheidskundig maximaal acceptabele concentratie voor vluchtige organische stoffen in verblijfsruimten. Een door mij ingestelde commissie heeft de beraadslagingen over dit onderwerp onlangs afgerond. Ik bied u hierbij, gehoord de Beraadsgroep Gezondheid en Omgeving, het door de commissie opgestelde advies aan.

De commissie geeft een advieswaarde die, onder voorwaarden, als maximale concentratie voor VOS in verblijfsruimten kan gelden. Ik wil er op wijzen dat het totale beeld van de invloed van het binnenmilieu op de gezondheid, waarvan het onderhavige onderwerp een klein deel uit maakt, onvoldoende in kaart is gebracht. De vluchtige organische stoffen maken deel uit van het brede scala van vluchtige stoffen waaraan men in het binnenmilieu zou kunnen worden blootgesteld. Vragen over de invloed van het binnenmilieu op de gezondheid dienen dan ook bij voorkeur integraal te worden behandeld. Er moet echter nog het nodige onderzoek worden verricht alvorens een integrale behandeling mogelijk wordt.

Deze publicatie heb ik heden ter kennisneming toegezonden aan de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en de Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Hoogachtend,
w.g.
Prof dr JA Knottnerus

Vluchtige organische stoffen uit bouwmaterialen in verblijfsruimten

aan:

De Minister en de Staatssecretaris van
Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

Nr 2000/10, Den Haag, 23 mei 2000

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:

Gezondheidsraad: Vluchtige organische stoffen uit bouwmaterialen in verblijfsruimten.
Den Haag: Gezondheidsraad, 2000; publicatie nr 2000/10.

Preferred citation:

Health Council of the Netherlands: Volatile Organic Compounds in indoor environments.
The Hague: Health Council of the Netherlands, 2000; publication no. 2000/10.

auteursrecht voorbehouden

all rights reserved

ISBN: 90-5549-320-1

Inhoud

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen 7

Executive summary 10

-
- 1 Inleiding 13
 - 1.1 Binnenmilieu 13
 - 1.2 Adviesaanvraag en commissie 14
 - 1.3 Eerdere adviezen 14
 - 1.4 Benadering van de commissie 15
 - 2 VOS in het binnenmilieu 17
 - 2.1 Welke vluchtige organische stoffen? 17
 - 2.2 VOS in het binnenmilieu 18
 - 2.3 Conclusie 20
 - 3 Gezondheidsrisico's van blootstelling aan VOS 21
 - 3.1 Gezondheidskundige advieswaarden 21
 - 3.2 Neurotoxiciteit 23
 - 3.3 Carcinogeniteit 23
 - 3.4 Reproductietoxiciteit 23
 - 3.5 Oog- en huidirritatie en sensibilisatie 24
 - 3.6 Chemo-sensorische waarneming 24
-

3.7	Speciale wettelijke maatregelen	26
3.8	Conclusies	26

4	Risico-evaluatie	28
---	------------------	----

4.1	Benadering	28
-----	------------	----

4.2	Conclusie	30
-----	-----------	----

	Literatuur	32
--	------------	----

	Bijlagen	36
--	----------	----

A	De adviesaanvraag	37
---	-------------------	----

B	De commissie	39
---	--------------	----

C	Overzicht van in binnenlucht aangetroffen stoffen uit bouwmaterialen	40
---	--	----

Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

In dit advies gaat een commissie van de Gezondheidsraad na welke vluchtige organische stoffen (VOS) uit bouwmaterialen en andere bronnen terecht kunnen komen in de binnenlucht. De te bespreken VOS worden ingeperkt door het analytisch venster, de gestandaardiseerde methode voor de bepaling van VOS in de binnenlucht, die in de adviesaanvraag wordt voorgesteld. Zeer vluchtige stoffen, waaronder bijvoorbeeld formaldehyde uit spaanplaat, matig vluchtige stoffen en ook stoffen geassocieerd met deeltjes vallen buiten dit analytische venster. Gepubliceerde VOS-concentraties vertonen een grote spreiding en zijn in het algemeen zeer laag. Voor de VOS binnen het analytische venster is nagegaan of er bij concentraties zoals gemeten in de binnenlucht sprake kan zijn van effecten op de gezondheid. De biologische effecten van blootstelling aan genoemde VOS-concentraties lijken beperkt tot chemo-sensorische waarnemingen, zoals geur en prikkeling van het neusslijmvlies en van de ogen (sensorische prikkeling). Deze effecten zijn wel gerelateerd aan klachtenpatronen die men onder andere heeft opgetekend bij vrijwilligers in onderzoek met klimaatkamers en bij bewoners van gebouwen die bekend staan als *'sick buildings'*. Uit deze onderzoeken mag worden afgeleid dat aanwezige VOS-concentraties soms als hinderlijk worden aangemerkt. Voor een gezondheidskundige beoordeling is gekeken naar bekende gezondheidskundige advieswaarden zoals HBROEL's (*Health Based Recommended Occupational Exposure Limit*) en de daaruit afgeleide MAC-waarden (Maximaal Aanvaarde Concentratie voor de arbeidsplek). Naar de mening van de commissie kunnen deze advieswaarden niet voor dit doel worden gebruikt. De blootstellingsduur en de groep uit de samenleving waarvoor deze advieswaarden zijn opgesteld verschillen te veel van de situatie bij het binnenmilieu.

De voorspellende waarde van deze advieswaarden voor effecten op de gezondheid is te klein, ook na toepassing van de gebruikelijke onzekerheidsfactoren. Het gebruik van *Air Quality Guidelines* zoals opgesteld door de WHO voor de buitenlucht raadt de commissie af om praktische redenen. Deze richtlijnen zijn slechts voor een enkele VOS beschikbaar.

De commissie komt tot de conclusie dat chemo-sensorische effecten een bruikbare biologische basis vormen en als kritisch effect kunnen worden gehanteerd bij het afleiden van een advieswaarde voor VOS in binnenlucht en is van mening dat daarmee beïnvloeding van de gezondheid van betrokkenen, dus ook de invloed op het welbevinden ten gevolge van chemo-sensorische waarneming, kan worden voorkomen. De VOS-concentratie in de binnenlucht die daarbij hoort wordt door de commissie geschat op $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Bij de risicobeoordeling van de emissie uit bouw materiaal volgt men een aantal stappen. Allereerst moet de emissie uit bouwmaterialen worden gemeten of geschat. Vervolgens moet de concentratie VOS in ruimten waarin bewoners of gebruikers van gebouwen verblijven worden geschat. De methode waarmee dit moet gebeuren vereist nadere technische uitwerking. De uitkomsten van deze beoordeling zullen voorzichtig moeten worden gehanteerd, wegens de beperkingen van het gekozen analytische venster, de wijze van bemonstering in de proefopstelling en de onzekerheden die worden geïntroduceerd door omrekening van emissiewaarde naar immissieconcentratie, de VOS-concentratie in de verblijfsruimte. De laatste stap in deze beoordelingsprocedure is de toetsing van de geschatte VOS-concentratie aan de advieswaarde van $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Deze benadering besteedt geen aandacht aan risico's tengevolge van bekende specifieke effecten, zoals kankerverwekkende, reproductietoxische en sensibiliserende effecten van afzonderlijke VOS. In dit verband wordt verwezen naar de bestaande wettelijke regels voor het op de markt brengen en werken met deze stoffen. Gezien de aard van de risico's dient toepassing van deze stoffen in de bouw te worden vermeden. Indien ze toch worden gebruikt is een afzonderlijke risicobeoordeling gewenst.

Samenvattend komt de commissie tot de volgende conclusies:

- Het gekozen analytisch venster beperkt de informatie over VOS die uit bouwmaterialen kunnen vrijkomen; de commissie beveelt aan dat er ook aandacht wordt gegeven aan stoffen die buiten het analytisch venster vallen.
- De maximale verontreiniging van de binnenlucht, de immissie voor zover die valt binnen een vergelijkbaar analytisch venster wordt geschat op $0,2$ tot $3,0 \text{ mg/m}^3$; concentratieniveaus voor VOS in verblijfsruimten boven $0,2 \text{ mg/m}^3$ moeten worden vermeden. Dit niveau kan niet worden beschouwd als een gezondheidkundige advieswaarde zoals de Gezondheidsraad voor afzonderlijke stoffen afleidt, de

onderliggende gegevens zijn daarvoor te variabel en de interpretatie ervan berust op een aantal aannames.

- De gemeten emissieniveaus in een proefopstelling moeten worden vertaald naar een representatief immissieniveau in verblijfsruimtes alvorens toetsing aan het genoemde concentratieniveau mogelijk is. Dit vraagt om een technische uitwerking door middel van een gezondheidkundig relevant voorspellend model. De commissie beveelt aan een dergelijk model te laten opstellen.
- Het gebruik van VOS met kankerverwekkende, reproductietoxische of sensibiliserende eigenschappen bij de productie van bouwmaterialen moet worden vermeden.
- Het hanteren van het toetsingscriterium betekent niet dat gevallen van verontreiniging ten gevolge van bouwmaterialen zich niet kunnen voordoen. Productiefouten, de introductie van nieuwe materialen of het gebruik van andere grondstoffen kunnen een nieuwe bron vormen voor VOS en stoffen, die buiten het analytisch venster vallen.
- De immissiegegevens waarover de commissie kon beschikken, zijn voornamelijk resultaten van metingen die tien jaar of langer geleden zijn uitgevoerd. De modernisering van de bouwpraktijk en veranderingen in de wijze van gebruik van gebouwen en bewoning van huizen, die sindsdien hebben plaatsgevonden, vragen om een actualisering.

Executive summary

Health Council of the Netherlands: Volatile organic compounds in indoor environments. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2000; publication no. 2000/10.

This report, prepared by an ad hoc committee for the Dutch Health Council, determines the volatile organic compounds (VOC) which may emit from building materials or other sources into the indoor environment. The VOC considered in this report are limited by the 'analytical window' determined through existing standardized methodology for sampling and chemical analysis of VOC. Gaseous and very volatile organic compounds, semi-volatile compounds and compounds associated with particulate matter in air fall outside this analytical window. VOC concentrations in the literature vary considerably and generally are very low. The potential effects on human health caused by VOC within the analytical window are described. The biological effects caused by the reported VOC concentrations seem to be limited to chemo-sensory reactions, such as odour and sensory irritation of the nose and eyes and have a relationship with the patterns of complaints recorded from volunteers in climate chamber studies and from residents living or working in buildings indicated as 'sick buildings'. Overall these data show that at these VOC concentrations the effects may sometimes be considered as nuisance. In order to make an assessment of potential health effects existing limit values like the HBROEL (Health Based Recommended Occupational Exposure Limit) and the derived OEL (Occupational Exposure Limit) were considered. The committee is of the opinion that these limit values cannot be used for this purpose. The duration of exposure and the kind of population defined to determine these recommended limit values differ too much from the situation for indoor air. The predicting value for the low VOC concentrations as measured in indoor air is far too low, also after the introduction of the usual safety factors. The committee also considers the use of the Air Quality Guidelines for outdoor

air, as developed for the World Health Organisation, less useful as such guidelines have been developed for only a few organic compounds.

The committee concluded that chemo-sensoric reactions may be considered a useful biological basis in determining a limit value for VOC in indoor air and is of the opinion that in this way any influence on the health of those concerned will be prevented, including effects on well-being following chemo-sensoric reactions. This was considered to be in line with the generally accepted understanding within the building industry that indoor air quality should not raise any complaint. The relevant VOC concentration in indoor air was estimated to be 0.2 mg/m^3 .

The health risk assessment procedure for substances emitting from building materials follows a number of steps. Firstly the emission from the building material must be determined and secondly the resulting VOC concentrations in indoor air should be estimated. The methodology for this last step is available, but has not yet been fully developed. Any result must be interpreted with care due to the limitations introduced by the 'analytical window', the way of sampling in the test chamber and the uncertainties being introduced when calculating the VOC immissions in indoor air from the measured VOC emissions. In the final step of this procedure the estimated VOC concentration must be compared with the recommended value of 0.2 mg/m^3 .

This approach does not take into account the health risks that can be attributed to individual VOC. Any risk resulting from the use of carcinogenic, reprotoxic or sensitising substances in the production of building materials should be avoided. In cases where the use of such substances is still considered a separate risk assessment is required.

In summary the committee concluded:

- The existing analytical window provides a limitation to the information on VOC emitting from building materials; attention should also be given to substances outside this window.
 - The maximal permissible pollution by VOC of indoor air, e.g. the immission measured within a comparable analytical window, is estimated to be between 0.2 and 3.0 mg/m^3 ; VOC concentrations above 0.2 mg/m^3 may better be avoided.
 - Measured levels of emissions from materials placed in test chambers need translation into a representative level for the immission in indoor environments prior to comparison with the given limit value. The procedure for this translation has not yet been developed technologically. The committee advises to develop such a model.
 - The application in the production of building materials of individual VOC with carcinogenic, reprotoxic or sensitising properties should be avoided.
-

- The preventive application of the given limit value as a health criterion does not exclude the possibility of indoor air pollution from building materials. Failures at production, the introduction of new materials and the transfer to other raw materials during production could all form a new source for VOC as well as for substances outside the 'analytical window'.
- The available immission data have mainly been produced ten or more years ago. An update may be required in view of recent developments in the building industry and in the ways buildings and houses are being used.

Inleiding

1.1 Binnenmilieu

Dit advies gaat over de verontreiniging van de lucht binnenshuis door vluchtige organische stoffen (VOS) afkomstig uit bouwmaterialen, een van de determinanten van de kwaliteit van het totale binnenmilieu. Bouwmaterialen zijn alle grondstoffen en producten die te pas komen bij de bouw en in het bouwwerk een plaats vinden. Het begrip vluchtige organische stoffen (VOS) is in de adviesaanvraag beperkt tot stoffen, afkomstig uit bouwmaterialen, die met een gegeven gestandaardiseerde analytisch-chemische methode kunnen worden bepaald. Waar mogelijk worden in dit advies ook andere VOS in beschouwing genomen.

Mensen brengen hun tijd gemiddeld voor 85% in gebouwen door, te weten thuis, op hun werk en elders in openbare gebouwen (Fre87). Verontreiniging van het binnenmilieu kan, gerekend naar blootstellingsduur, belangrijk zijn voor de blootstelling aan chemische of fysische agentia. Deze kwaliteit wordt bepaald door uiteenlopende factoren gerelateerd aan het bouwwerk (ventilatie, isolatie, gebruikte materialen, soort verwarming, vloerbedekking), aan het gedrag van bewoners of gebruikers (roken, gebruik van chemicaliën, houden van huisdieren en planten), aan de onvermijdelijke (micro)flora en -fauna in het gebouw (huisstofmijten, schimmels, bacteriën e.d.) of aan chemische interacties tussen de verschillende stoffen. Ontwerpers van bouwwerken streven, om gebruikers tevreden te kunnen stellen, naar een plezierig en comfortabel binnenmilieu. Dit betekent dat mogelijke verontreiniging van de binnenlucht één van de aspecten is waarmee zij rekening moeten houden. Onder andere het Rijksinstituut voor

Volksgezondheid en Milieu heeft erop gewezen dat allerhande ontwikkelingen in de bouw en de verwarmingstechniek, bij de vochtbestrijding binnenshuis, het anti-rookbeleid en maatregelen tegen emissies van vluchtige organische stoffen uit bouwmaterialen kunnen bijdragen aan verbetering van de kwaliteit van het binnenmilieu. Andere ontwikkelingen, zoals verbetering van de warmte-isolatie en beperking van de ventilatie zullen echter kunnen leiden tot verslechtering (RIVM97).

1.2 Adviesaanvraag en commissie

De adviesaanvraag van de Staatssecretaris voor Volkshuisvesting (zie bijlage A), opgesteld als onderdeel van het Plan van aanpak Duurzaam Bouwen, is gericht op het stellen van prestatie-eisen voor bouwmaterialen (TwK98) en heeft betrekking op de mogelijke bijdrage van stoffen die vrijkomen uit bouwmaterialen aan de chemische verontreiniging van de binnenlucht. De staatssecretaris vraagt om uit te gaan van een reeds gevalideerde bemonstering en analysemethode voor de bepaling van VOS uit bouwmaterialen (Tau97). Deze methode maakt gebruik van een geconditioneerde klimaatkamer waarin het te onderzoeken bouw materiaal wordt geplaatst (Wal94). De concentratie van de aan de lucht in de klimaatkamer afgegeven VOS wordt bepaald met een gestandaardiseerde methode (NVN2947 en NVN2948). De zo gemeten VOS-concentratie wordt beschouwd als karakteristiek voor het betreffende bouw materiaal en kan worden gebruikt om de relatieve VOS-bijdrage aan het binnenmilieu te schatten. De staatssecretaris vraagt in dit verband om advies over een gezondheidskundige grenswaarde voor de toetsing van deze bijdrage.

De Voorzitter van de Gezondheidsraad heeft de beantwoording van de adviesaanvraag opgedragen aan een door hem geformeerde commissie, hierna te noemen 'de commissie'. De samenstelling van de commissie is vermeld in bijlage B.

1.3 Eerdere adviezen

Het handhaven van de kwaliteit van het binnenmilieu is gecompliceerd, omdat, zoals in 1.1 is opgemerkt, die kwaliteit van uiteenlopende factoren afhankelijk is. Voor het formuleren van een visie op binnenluchtverontreiniging, die als leidraad zou kunnen dienen bij het beoordelen van de gezondheidsrisico's, is een multidisciplinaire aanpak vereist. Een aanzet daartoe is te vinden in het Gezondheidsraadadvies Binnenhuisklimaat uit 1984 (GR84). Daarin komt een commissie van de Raad — na analyse van de factoren die de kwaliteit van het binnenmilieu bepalen — tot de conclusie dat er behoefte is aan "een bruikbare filosofie over de luchtkwaliteit in woningen" die aan alle mogelijke bronnen van verontreiniging aandacht geeft. Deze filosofie dient rekening te houden met

de autonomie van bewoners en gebruikers. Zij spelen immers een belangrijke rol, speciaal wanneer het gaat om het handhaven van voldoende ventilatie als onderdeel van een aanvaardbaar leefmilieu. De belangrijkste elementen van deze aanzet uit 1984 zijn:

- De minimumcapaciteit voor de ventilatievoorziening dient 25 m³/uur per persoon te bedragen. Deze waarde is gebaseerd op de onvermijdelijke productie door de mens van koolzuurgas en lichaamsgeuren.
- Alle andere componenten in de binnenlucht worden beschouwd als afkomstig van vermijdbare bronnen en moeten daarom worden beheerst door een preventief beleid.
- Producten die als bron voor dergelijke verontreinigingen kunnen optreden moeten, voor ze op de markt komen, worden onderzocht op eventuele gezondheidsrisico's, uitgaande van een minimale ventilatie van 5 m³/uur per persoon.
- Bij de regulering van deze bronnen wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande wetgeving terwijl, waar nodig, speciaal voor bouwmaterialen wordt gezorgd voor een uitbreiding van het wettelijk kader.

De hier bedoelde zienswijze lijkt nog steeds van toepassing. De zeer algemene formulering vereist nadere uitwerking in de vorm van een geschikt beoordelingskader voor binnenluchtverontreiniging. De praktijk laat zien dat toepassing ervan lastig is. Bijvoorbeeld werden de maatregelen op het terrein van de energiebesparing, zoals verbeterde warmte-isolatie en terugdringen van tocht, niet aan deze visie getoetst. Was dat wel gebeurd, dan had men de gezondheidsproblemen ten gevolge van vocht in woningen kunnen voorkomen.

1.4 Benadering van de commissie

De kwaliteit van het binnenmilieu heeft de laatste decennia internationaal veel aandacht gekregen. Dit heeft geleid tot een aantal belangrijke, en in het voorliggende advies benutte, rapporten. Genoemd kunnen worden de rapportages over twee WHO-bijeenkomsten over verontreiniging van het binnenmilieu (WHO89, WHO97) en het Europese gezamenlijke actieplan *Indoor Air Quality & its Impact on Man* (ECA91, ECA97A, ECA97B). Ook de *Environmental Protection Agency* in de VS heeft veel aandacht besteed aan het binnenmilieu (EPA91). De situatie in de VS op dit terrein is echter maar ten dele vergelijkbaar met die in Nederland.

De Gezondheidsraad is verzocht te adviseren over de uit een oogpunt van gezondheid maximale concentratie VOS afkomstig uit bouwmaterialen in woon- en verblijfsruimten. De beoordeling van de kans op schade aan de gezondheid door blootstelling aan een stof omvat een schatting van de blootstelling en een beoordeling van de schade aan de gezondheid van de mens (populatie) als gevolg van die blootstelling. De kwaliteit van de gegevens over de dosiseffectrelatie bepaalt de mate van onderbouwing van een

gezondheidskundige advieswaarde en de grootte van onzekerheidsfactoren die dienen om voor de onzekerheden in de beschikbare kennis te compenseren. Bij nadere beschouwing gaat het hier om prestatie-eisen voor bouwmaterialen, die zullen worden opgenomen in het Bouwbesluit. Op basis van de emissie uit een bouw materiaal en de daaruit berekende VOS-bijdrage aan de binnenlucht kan een indruk van de bijbehorende kans op schade aan de gezondheid worden geschat, als:

- Alle voor de gezondheid belangrijke VOS uit het bouw materiaal worden gemeten.
- Emissiegegevens van een bouw materiaal verkregen na analyse van een gestandaardiseerde bemonstering gedurende vier uur in een proefopstelling representatief zijn voor de emissies uit dat bouw materiaal gedurende zijn gebruiksduur in willekeurige verblijfsruimten in Nederland of Europa.
- De in verblijfsruimten heersende VOS-concentraties bij afwezigheid van het bouw materiaal bekend zijn.
- De gemeten VOS alle hetzelfde kritische (eerst optredende) effect op de gezondheid hebben, opdat ten behoeve van het hanteren van één grenswaarde om het risico van een VOS-mengsel te kunnen vaststellen expositie-additie mogelijk is (zie 3.1).

VOS in het binnenmilieu

2.1 Welke vluchtige organische stoffen?

Hoewel tal van vluchtige organische stoffen als luchtverontreiniging in de binnenlucht worden aangetroffen, blijft dit advies beperkt, tengevolge van de keuze van de methode voor de bemonstering en chemische analyse. Aard en opzet van een analytisch-chemische methode beperken onvermijdelijk het aantal stoffen tot diegene die binnen het zogeheten 'analytische venster' kunnen worden waargenomen. In het algemeen wordt voor het bepalen van VOS in de lucht een luchtmonster geleid over actieve kool of een ander adsorbens. De geadsorbeerde fractie wordt in het laboratorium met een oplosmiddel geëxtraheerd en ingedampt en door middel van een gaschromatograaf gescheiden in de verschillende componenten. De lipofiele, hydrofiele en polaire eigenschappen van de stof, het molecuulgewicht en het kookpunt van de stof, alsmede de karakteristieken van de apparatuur bepalen het moment waarop de stof de gaschromatograaf verlaat en wordt gedetecteerd. In een rapport van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO89) worden de VOS al naar gelang de gebruikte bemonstering en analyse methode in vier categorieën verdeeld:

- 1 Zeer vluchtige organische stoffen met een kookpunt beneden 50 à 110 °C
 - 2 Vluchtige organische stoffen (VOS) met een kookpunt van 50 à 110 °C tot 240 à 260 °C.
 - 3 Matig vluchtige organische stoffen met een kookpunt van 240 à 260 °C tot 380 à 400 °C.
-

- 4 Organische stoffen gebonden aan vaste of vloeibare deeltjes in de atmosfeer of die zelf als vaste of vloeibare deeltjes in de lucht voorkomen.

De bemonstering- en analysemethode waarnaar in de adviesaanvraag wordt verwezen, komt overeen met die voor categorie 2.

Een werkgroep van deskundigen voor het Europese programma voor de binnenluchtkwaliteit heeft een vergelijkbaar voorstel gepubliceerd voor de definitie van VOS (ECA97B) en opgemerkt dat de verschillende methoden waarmee het VOS-gehalte in verblijfsruimten kan worden bepaald niet in detail met elkaar zijn vergeleken. Ook heeft de werkgroep gesignaleerd dat er graduele verschillen bestaan in de definities voor VOS in de literatuur, waardoor de uitkomsten tussen onderzoeken aanzienlijk kunnen verschillen. Een analytisch-chemische methode speciaal voor de categorie vluchtige organische stoffen (VOS) wordt in dit rapport gestandaardiseerd en gekoppeld aan de definitie van het begrip totaal-VOS (*total volatile organic compounds* of TVOC). De betreffende werkgroep stelt voor de analysemethode toe te passen wanneer het gaat om de screening van de emissie van VOS uit bouwmaterialen, om de evaluatie van de werking van ventilatie systemen en om de identificatie van processen waarbij relatief hoge emissies van totaal-VOS plaatsvinden. De definitie voor totaal-VOS wordt bepaald door het gekozen analytisch venster, en strekt zich niet uit tot VOS die daarbuiten vallen. Het begrip totaal-VOS dekt dus niet alle VOS uit bouwmaterialen. Zeer vluchtige organische stoffen, matig vluchtige stoffen met een kookpunt boven 260 °C, sterk in water oplosbare en polaire stoffen vallen buiten dat analytisch venster. Dit geldt ook voor organische stoffen geassocieerd met vaste of vloeibare deeltjes. De analyses geven een indruk van de ordegrrootte van de VOS-gehalten, maar geven geen informatie over andere organische stoffen in het binnenmilieu.

2.2 VOS in het binnenmilieu

Het onderzoek naar de aanwezigheid van uiteenlopende VOS in het binnenmilieu is, evenals de evaluatie van de mogelijke risico's, in het begin van de jaren tachtig meer of minder systematisch aangepakt. Kleine en grotere meetseries zijn afkomstig uit Italië (DeB86; metingen in 15 huizen gedurende 4-7 dagen), Duitsland (Kra87; metingen in 500 huizen, 14 dagen), Nederland (Leb86; metingen in 300 huizen, 7 dagen) en de Verenigde Staten (Wal87; metingen in 355 huizen, 2-12 uur). Deze onderzoeken werden uitgevoerd met verschillende methoden voor de bemonstering en chemische analyse. De uitkomsten zijn dus niet zonder meer vergelijkbaar. Een werkgroep voor de Wereldgezondheidsorganisatie heeft een overzicht opgesteld (WHO89).

In totaal zijn bij de diverse onderzoeken tot 1986 307 verschillende stoffen aangetoond (Ber86). Vele daarvan komen in de binnenlucht tengevolge van menselijke

activiteit zoals roken of zijn van microbiële oorsprong. Stoffen die relevant kunnen zijn voor emissie uit bouwmaterialen zijn vermeld in bijlage C bij dit advies. Deze lijst is niet uitputtend. In de tabel zijn de waargenomen 90-percentielwaarden gegeven, evenals geurlimieten, voor zover beschikbaar. Ook de mogelijke oorsprong is aangegeven. Het merendeel van de stoffen kan afkomstig zijn van oplosmiddelen die worden gebruikt in verf en andere middelen voor oppervlaktebehandeling of als grondstof voor de productie van bouwmaterialen en schoonmaakmiddelen. Zekerheid daarover bestaat echter niet. In hoeverre dergelijke stoffen via bouwmaterialen in verblijfsruimten terechtkomen, is slechts ten dele bekend. Andere stoffen uit dezelfde chemische klassen zullen vermoedelijk ook kunnen worden aangetroffen, afhankelijk van de samenstelling van de grondstoffen die bij de productie van bouwmaterialen zijn toegepast.

Bij vrijwel alle analyses van verontreiniging van de binnenlucht gaat het om VOS-mengsels. Slechts bij uitzondering is één stof dominant aanwezig. De concentraties totaal-VOS kunnen sterk variëren. Krause en medewerkers rapporteerden een gemiddelde van $312 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met een 90-percentiel van $665 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kra87). De grote variatie — van $<100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tot $>1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ — blijkt ook uit de verhouding tussen de maximale en gemiddelde concentraties, die oploopt tot 170 voor sommige alicyclische koolwaterstoffen (Leb86). Als gevolg hiervan bestaat er geen goed inzicht in de achtergrondniveaus in de huidige situatie en kan de kwantitatieve bijdrage van de verschillende VOS-bronnen aan de heersende concentraties niet worden berekend of geschat. De betreffende gegevens zijn voor het merendeel inmiddels circa 15 jaar oud.

In een recent literatuuroverzicht van 68 verschillende onderzoeken naar de aanwezigheid van VOS in het binnenmilieu concluderen Brown en medewerkers (Bro94) dat de gemiddelde concentratie van de afzonderlijke VOS in de regel niet hoger is dan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en meestal lager dan $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. VOS-concentraties in nieuwe gebouwen zijn tot één orde van grootte hoger dan in bestaande gebouwen. Ook zijn VOS-concentraties in woonhuizen meestal hoger dan in openbare gebouwen (WHO97).

In de VS werd het TEAM-onderzoek (*Total Exposure Assessment Measurement*) door de *Environmental Protection Agency* uitgevoerd. Bij ongeveer 800 personen werd de blootstelling in het binnenmilieu aan VOS en bestrijdingsmiddelen geanalyseerd na bemonstering op het lichaam (*personal monitoring*). Waarden van respectievelijk 700 en $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werden gerapporteerd voor respectievelijk de gemiddelde expositie aan VOS en de 90-percentielwaarden (Wal87). Uit bouwmaterialen komen voornamelijk de volgende VOS: alifatische en aromatische koolwaterstoffen (met een koolstofketen van C7-C12), gehalogeneerde koolwaterstoffen, aldehyden, ketonen (aceton en butanon), ethers en esters (urethaan en ethylacetaat). Vluchtiger alifatische en gehalogeneerde koolwaterstoffen (met koolstofketens korter dan C7), alcoholen, ketonen (methylethylketon en methylisobutylketon), esters (ethylacetaat) en ethers (dimethylether,

diethylether en dibutylether) zijn vooral afkomstig van verf en andere producten voor de behandeling van oppervlakken. Soortgelijke stoffen, evenals bepaalde amines, kunnen afkomstig zijn van industriële lijmen. Gegevens als deze kunnen echter niet direct worden gerelateerd aan de situatie in Nederland. In de Verenigde Staten wordt bij de bouw veel gewerkt met verlijmd hout en met kunststoffen, in Europa vooral met beton, baksteen en stucwerk. De situatie in de bouw kan van land tot land verschillen. Men moet dus voorzichtig zijn met het vergelijken van gegevens over binnenluchtverontreiniging uit verschillende landen.

2.3 Conclusie

VOS staat voor een onduidelijk gedefinieerde groep van organische verbindingen die voornamelijk in gedrag bij de bemonstering en chemische analyse met elkaar overeenkomen. Door de keuze van het analytisch venster wordt het aantal opgespoorde en te beoordelen VOS beperkt. De stoffen binnen het venster zijn naar de mening van de commissie niet representatief voor die buiten het venster. De verschillen in fysische en chemische eigenschappen zullen evenzo leiden tot verschillen in de effecten op biologische organismen.

De VOS-verontreiniging in de binnenlucht kan worden toegeschreven aan uiteenlopende bronnen. De concentraties en samenstelling van de VOS-mengsels in de binnenlucht verschillen van meting tot meting. Dit geldt ook voor het deel dat afkomstig is uit bouwmaterialen. De relatieve bijdrage uit de verschillende bronnen, dus ook die uit bouwmaterialen, kan daardoor niet worden bepaald. De vraag kan worden gesteld of een en ander nog representatief is voor de situatie in Nederland en Europa, wanneer de gegevens voornamelijk dateren van voor 1987. De ontwikkelingen die sindsdien hebben plaatsgevonden, inclusief die op het terrein van de productie van bouwmaterialen, kunnen het bestaande inzicht wellicht wijzigen.

Gezondheidsrisico's van blootstelling aan VOS

3.1 Gezondheidskundige advieswaarden

Een beschrijving van alle gezondheidsrisico's van VOS is in het kader van dit advies ondoenlijk, omdat dan alle afzonderlijke VOS aan de orde zouden moeten komen. De toxiciteit van afzonderlijke stoffen wordt in het algemeen bepaald in proefdierexperimenten of epidemiologisch onderzoek bij mensen. Op grond van de uitkomsten van dergelijke onderzoek worden *no observed adverse effect levels* (NOAEL) vastgesteld. Op basis van deze NOAEL's worden vervolgens gezondheidkundige advieswaarden afgeleid. De meeste van deze advieswaarden zijn beschikbaar voor de werkomgeving. Men spreekt dan van *health based recommended occupational exposure limits* (HBROEL) voor arbeidsomstandigheden. Ook zijn toxicologische evaluaties voor buitenluchtverontreiniging uitgevoerd; de *Air Quality Guidelines* opgesteld door de WHO bijvoorbeeld (WHO87). Het gaat hier echter slechts om een klein aantal stoffen, waardoor de praktische betekenis voor dit advies beperkt is.

Op basis van HBROEL's worden in Nederland vervolgens de wettelijke Maximaal Aanvaarde Concentraties voor de arbeidsplek (MAC-waarden) vastgesteld. Dit gebeurt na een sociaal-economische beoordeling van de haalbaarheid van de introductie van de HBROEL. Dergelijke advieswaarden zijn voor vele afzonderlijke VOS beschikbaar, vooral voor stoffen die in grote hoeveelheden industrieel worden toegepast. De commissie verwijst naar de betreffende evaluatierapporten, van de commissie WGD van de Gezondheidsraad. In de tabel van bijlage C zijn de beschikbare MAC-waarden opgenomen. MAC-waarden zijn niet zonder meer bruikbaar voor situaties in de

woonomgeving. HBROEL's en MAC-waarden zijn vastgesteld voor volwassen, gezonde werkende personen die 8 uur per dag en vijf dagen per week gedurende een arbeidsleven zijn blootgesteld. Er wordt geen rekening gehouden met andere blootstellingspatronen, zoals die in de woonomgeving waar men tot 85% van zijn tijd kan doorbrengen. Daarnaast wordt ook geen rekening gehouden met specifieke risicogroepen zoals kinderen, ouderen en zieken.

Diverse onderzoekers hebben, uitgaande van MAC-waarden, de risico's voor de algemene bevolking van de blootstelling aan VOS geschat door gebruik te maken van onzekerheidsfactoren om de bovengenoemde verschillen in blootstelling en het bestaan van specifieke risicogroepen in de bevolking te verdisconteren (Nie95, Sch85, Tar94). Nielsen en medewerkers gingen na of de risico's van binnenluchtverontreiniging uit HBROEL's en MAC-waarden kunnen worden afgeleid door extra onzekerheidsfactoren toe te passen. Ze komen tot de conclusie dat de gevoeligheid voor bepaalde stoffen in de lucht bij risicogroepen, zoals zeer jonge kinderen, bejaarden of zieken, toch niet sterk afwijkt van het gemiddelde. Ze stellen daarom een extra onzekerheidsfactor van 10 voor naast een factor 4 die dient om rekening te houden met de continue blootstelling aan de binnenlucht in vergelijking met de beperkte blootstellingsduur tijdens het werk van 8 uur per dag, vijf dagen per week gedurende veertig jaar. De binnenluchtgrens voor een afzonderlijke stof is dan 1/40 van de MAC-waarde. Deze benadering is bedoeld voor afzonderlijke stoffen en heeft volgens de genoemde onderzoekers vooral praktische voordelen: het aantal aannamen bij de extrapolatie is beperkt en een biologische basis is reeds beschikbaar. Zij richt zich op het houden van voldoende afstand tussen de concentratie in de binnenlucht en de NOAEL als grens waarbij toxische effecten kunnen gaan optreden. Een globale vergelijking van de niveaus voor afzonderlijke VOS in de binnenlucht, zoals beschreven in de internationale literatuur, met NOAEL, HBROEL en MAC-waarden laat zien dat overschrijding van deze gezondheidskundige advieswaarden in de regel niet optreedt. In de meeste gevallen zijn de blootstellingsniveaus enkele ordes van grootte lager dan de advieswaarden.

VOS-mengsels in binnenlucht bestaan uit vele componenten. De toxiciteit van dergelijke mengsels wordt niet proefondervindelijk bepaald maar meestal geschat aan de hand van de samenstelling en door aan te nemen dat de bijdrage van de verschillende afzonderlijke componenten in het mengsel bij elkaar opgeteld kunnen worden. De samenstelling van het mengsel moet dan wel bekend zijn. Indien meer dan één effect als kritisch effect moet worden beschouwd, zoals bij organische oplosmiddelen de prikkeling van het neusslijmvlies en de beïnvloeding van de werking van het centraal zenuwstelsel, is een berekening per kritisch effect noodzakelijk (Sch85, Slo96, Ver88). De *American Conference of Government Industrial Hygienists* (ACG96, Tar94) en andere organisaties, bijvoorbeeld de Arbeidsinspectie in haar publicatie over de MAC-waarden

(MAC97) op het terrein van de arbeidshygiëne, bevelen een berekeningsmethode aan die op bedoeld additiviteitsprincipe is gebaseerd. Voor oplosmiddelen is deze benadering nader uitgewerkt (ECE97). Toepassing van deze rekenregels op bestaande immissiegegevens voor VOS in de binnenlucht laat zien dat de voor het mengsel berekende advieswaarde in de regel niet zal worden overschreden.

3.2 Neurotoxiciteit

Veel VOS in dampvorm, afzonderlijk dan wel als mengsel, bijvoorbeeld afkomstig van organische oplosmiddelen, beïnvloeden bij hoge concentratie de werking van het centrale zenuwstelsel (CZS). In onderzoek met proefdieren is gebleken dat de invloed op het CZS al bij betrekkelijk lage concentraties begint. Recent is bij proefdieren (rat) onderzoek gedaan naar de invloed van VOS op het gedrag. Daarbij is tevens gezocht naar veranderingen in het zenuwweefsel (zie ECE96). In het algemeen worden geen neurotoxicologische veranderingen waargenomen na chronische blootstelling aan relatief lage concentraties. Uit dit onderzoek blijkt dat de NOAEL's voor neurotoxiciteit minimaal een factor duizend hoger liggen dan de concentraties die in binnenlucht worden gemeten.

3.3 Carcinogeniteit

Voor sommige VOS, bijvoorbeeld benzeen en vinylchloride, is bewezen dat ze kankerverwekkend zijn bij de mens (ingedeeld in categorie 1 volgens de EU-stoffenrichtlijn, EU67, of in Groep 1, volgens IARC - *International Agency for the Research on Cancer*, IARC87). Tetrachloorethyleen en trichloorethyleen worden beide als verdacht kankerverwekkend ingedeeld (categorie 3 volgens de EU, EU67, of groep 2A volgens IARC, IARC95). Echter niet alle VOS zijn op deze eigenschap onderzocht. Wel vindt voortdurend nieuw onderzoek plaats naar de carcinogeniteit van chemische stoffen, waaronder VOS. Het is zeker mogelijk dat meer VOS in de toekomst kankerverwekkend zullen blijken te zijn.

3.4 Reproductietoxiciteit

Reproductietoxiciteit betreft de toxicologische gevolgen voor het nageslacht van blootstelling tijdens de bevruchting, de zwangerschap, de geboorte en de vroege ontwikkeling van de baby. Van sommige VOS is in onderzoek met proefdieren aangetoond dat ze reproductietoxisch zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor de laagmoleculaire glycol ethers en glycol etheracetaten (Categorie 2, volgens de EU-stoffenrichtlijn, EU67).

3.5 Oog- en huidirritatie en sensibilisatie

Veel VOS zijn licht tot matig irriterend voor ogen en huid in standaard-toxicologische testsystemen. Hierbij wordt de stof in direct contact gebracht met huid of ogen en gekeken naar de reacties, zoals opzwellings, rode verkleuring, blaarvorming (van de huid) en opalescentie (van het oogvlies). Dit soort lokale schade is een veel sterker effect dan de prikkeling van de neus en de ogen, de sensorische irritatie, die in 3.6 wordt besproken. De blootstellingsconcentraties of de hoeveelheden waarbij ernstige lokale schade optreedt, zijn enkele ordes van grootte hoger dan de concentraties die in de binnenlucht zijn aangetroffen.

Onder sensibilisatie wordt verstaan de inductie van een verhoogde gevoeligheid voor bepaalde chemische producten. Formaldehyde en acetaldehyde verdienen aandacht vanwege hun sensibiliserende werking. Overigens hebben beide een laag kookpunt en vallen ze buiten het analytisch venster voor VOS beschreven in hoofdstuk 2. Andere stoffen, bijvoorbeeld sommige grondstoffen voor harsen en lijmen, zijn ook sensibiliserend voor de huid. Een directe relatie tussen specifieke gezondheidsklachten (irritatie en sensibilisatie) en de blootstelling aan een toxische stof uit bouw materiaal is aangetoond voor formaldehyde uit spaanplaat. Er zijn op grond van die bevindingen wettelijke maatregelen getroffen om de blootstelling aan formaldehyde te beperken.

3.6 Chemo-sensorische waarneming

Behalve naar de rapporten over de beoordeling van de toxiciteit van VOS heeft de commissie gekeken naar onderzoek naar de effecten van verontreinigingen in het binnenmilieu. Veelal gaat het bij dergelijk onderzoek om effecten van complexe mengsels, waaronder VOS-mengsels. In de Engelstalige literatuur wordt bij VOS en andere verontreiniging in het binnenmilieu gesproken van het *sick building syndrome* (SBS) (Wel91). De klachten geassocieerd met SBS gaan meestal snel over als men het gebouw verlaat en hebben vooral betrekking op (Nie95, Rot93):

- irritatie van de slijmvliezen van oog, neus en keel
- verstoring van de stabiliteit van de traanvochtfilm op de oogbol
- hoesten, kortademigheid, druk op de borst
- hoofdpijn, vermoeidheid, misselijkheid en duizeligheid
- droge huid en irritatie van de huid
- overgevoeligheid voor bepaalde geuren.

Van SBS wordt wel gesproken wanneer geen directe relatie kan worden gelegd met de aanwezigheid van een specifieke verontreinigende stof terwijl meer dan 20% van de bewoners of gebruikers van een gebouw klaagt (NRC87).

Het blijkt dat reacties op de blootstelling aan lage concentraties VOS in de lucht veelal bepaald worden door geur en prikkeling van neus en ogen. Deze chemo-sensorische waarneming bepaalt mede de appreciatie of depreciatie van de atmosfeer. Dit fenomeen werd onderzocht bij vrijwilligers in klimaatkamers (Dal97, Kna90, Lee92, OMa78). De appreciatie van de atmosfeer blijkt niet alleen afhankelijk te zijn van de verontreinigingen maar ook van alle informatie daaromheen. Een vergelijkbare onderzoeksopzet werd gebruikt om relaties te vinden tussen de klachten over nieuwe gebouwen en de VOS-verontreiniging die daarin werd aangetroffen (Ber89, Hud92, Mø186, Mø190, Mø191). Conditie uit de praktijk werden daarbij nagebootst. De onderzoekers komen tot de conclusie dat bij concentraties van het VOS-mengsel beneden $0,2 \text{ mg/m}^3$ het comfort niet wordt beïnvloed, tussen $0,2$ en 3 mg/m^3 proefpersonen gaan reageren op de aanwezige VOS en bij VOS-concentraties tussen 3 en 25 mg/m^3 klachten over de VOS worden geuit. Boven de 25 mg/m^3 kunnen toxische effecten gaan optreden (Mø191, zie ook WHO97). In Duitsland kwam men aan de hand van waarnemingen in woningen tot een soortgelijke conclusie: beneden $0,3 \text{ mg/m}^3$ wordt het comfort binnenshuis niet beïnvloed (Sei90). Beide benaderingen gaan uit van VOS zoals deze met de beschikbare analytische technieken konden worden aangetoond.

De zojuist besproken uitkomsten zijn redelijk consistent en geven de indruk dat beneden de gemeten VOS-concentraties geen biologische reacties zullen plaatsvinden. Impliciet wordt dan aangenomen dat deze beperkte gegevens, waarvan een deel afkomstig is uit onderzoek in klimaatkamers met bekende VOS-mengsels, representatief zijn voor de omstandigheden in woonhuizen en kantoren in Nederland en Europa. Dat betekent dat verondersteld wordt dat de diverse analytische methoden, die zijn toegepast, ongeveer gelijke resultaten geven en de chemo-sensorische effecten voor alle VOS als kritisch effect mogen worden beschouwd. In dat geval geeft de ondergrens van deze waarnemingen, zoals bepaald met het gestandaardiseerde analytische venster, een indicatie voor de VOS-niveaus in verblijfsruimtes, waarbeneden geen negatieve effecten zullen optreden.

Recent onderzoek met vrijwilligers laat zien dat het thans mogelijk is geur en prikkeling van neus en ogen (sensorische irritatie) afzonderlijk waar te nemen (Com93, Com95). Voor enkele bekende homologe VOS, te weten alifatische alcoholen, alifatische ketonen en gesubstitueerde benzenen, is nagegaan of er een verband bestaat tussen geurdrempels, drempels voor neusprikkeling en de moleculaire structuur. De geurdrempels liggen bij concentraties die een factor 100 tot 1000 lager zijn dan de drempels voor neusprikkeling. Dat wil zeggen dat de waarnemingsdrempel wordt bepaald door de geur, terwijl prikkeling optreedt bij hogere concentraties. Beide

drempels worden lager naarmate het molecuulgewicht toeneemt. Dit geldt binnen elke homologe groep verbindingen die is onderzocht. Deze resultaten werden bevestigd in een onderzoek waarbij de chemo-somatosensorische potentialen, zoals die optreden bij de zintuiglijke waarnemingen, werden bestudeerd met electro-encefalografie (Hum96).

3.7 Speciale wettelijke maatregelen

Voor het werken met en op de markt brengen van kankerverwekkende en reproductietoxische stoffen gelden speciale regels. In verband met de arbeidshygiëne is er een verplichting om, wanneer deze stoffen aanwezig zijn, indien mogelijk, over te gaan tot het gebruik van alternatieven die niet kankerverwekkend of reproductietoxisch zijn. De Europese regels voor het op de markt brengen van chemische producten schrijven voor dat deze producten hooguit 0,1% van een stof van categorie 1 of 2 en 1,0% van een stof van categorie 3 mogen bevatten (EU67). Dit betekent dat dergelijke stoffen slechts in zeer lage concentraties in grondstoffen aanwezig mogen zijn en dus nauwelijks in bouwmaterialen kunnen voorkomen. Gevaarlijke chemische producten mogen niet op de markt worden gebracht zonder veiligheidsblad. Veel producten zijn echter niet of onvoldoende onderzocht en het kan dus zijn dat mogelijke gevaren niet bekend zijn en niet vermeld worden in een veiligheidsblad.

3.8 Conclusies

Beschreven gezondheidkundige advieswaarden voor individuele VOS liggen in het algemeen ver boven de concentraties die in binnenlucht zijn aangetroffen. Indien de bestaande rekenregels voor mengsels van stoffen met vergelijkbare toxicologische risico's worden toegepast op de gemeten VOS-concentraties in de binnenlucht, treedt overschrijding eveneens niet op.

De waargenomen gemiddelde concentraties voor VOS-mengsels vertonen een spreiding waarbinnen chemo-sensorische waarneming mogelijk is. Blijkens onderzoek in klimaatkamers met vrijwilligers en in woningen onder normale omstandigheden kan een concentratie van 0,2 tot 0,3 mg/m³ worden beschouwd als een ondergrens voor de zintuiglijke waarneming van VOS-mengsels. Bij hogere concentraties klagen de proefpersonen en bewoners over de binnenlucht. Eventuele klachten over het binnenmilieu hangen echter niet alleen af van de gemeten VOS-concentraties, maar wellicht ook van additionele informatie over de verontreiniging of van de situatie waarin men verkeert. Of dergelijke waarnemingen representatief zijn voor huizen en gebouwen kan niet zonder meer worden vastgesteld. Een blootstelling van 0,2 mg/m³ dient als een bovengrens te worden beschouwd. Hierbij wordt er van uit gegaan dat de beschikbare gegevens representatief zijn voor woningen en gebouwen in Nederland, alle belangrijke

VOS binnen het gekozen analytisch venster kunnen worden gemeten en de chemo-sensorische waarneming als het kritische effect mag worden beschouwd.

Voor het op de markt brengen en in verband met de beroepsmatige blootstelling aan kankerverwekkende, reproductietoxische of sensibiliserende stoffen gelden speciale regels. Voor het binnenmilieu geldt dat blootstelling aan deze stoffen moet worden voorkomen.

Risico-evaluatie

4.1 Benadering

Door de keuze van de analytische methode wordt de beoordeling van eventuele gezondheidskundige risico's van VOS ingeperkt. De bijdragen van stoffen die niet binnen het analytisch venster vallen, kunnen niet worden meegewogen. De keuze voor de totale VOS-concentratie als criterium voor een eventuele bijdrage uit bouwmaterialen betekent dat de specifieke effecten van afzonderlijke VOS buiten beschouwing blijven. *Kankerverwekkende, reproductietoxische of sensibiliserende* VOS moeten dus apart worden beoordeeld.

De gegevens over VOS-mengsels in het binnenmilieu in het algemeen zijn voor de commissie aanleiding om te concluderen dat concentraties boven 0,2 mg/m³ in verblijfsruimtes vermeden moeten worden. Van 0,2 tot 3,0 mg/m³ worden VOS chemo-sensorisch waargenomen hetgeen tot klachten kan leiden. Overigens mogen deze getallen slechts als indicatie voor de orde van grootte van de blootstelling worden beschouwd, als gevolg van de spreiding in de uitkomsten tussen de verschillende analysemethoden voor VOS, de beperkte omvang van de betreffende literatuur en de kwaliteit van het verrichte onderzoek. Naar de mening van de commissie moeten negatieve effecten op het welbevinden van betrokkenen worden voorkomen. De commissie is dan ook van mening dat chemo-sensorische waarnemingen ten gevolge van blootstelling aan VOS in het binnenmilieu kunnen worden opgevat als kritisch effect in de risicobenadering. Vanuit de bouwpraktijk betekent dit dat men streeft naar een binnenmilieu dat geen aanleiding geeft tot klachten over geur of prikkeling van neus en

ogen door de binnenlucht. Hinder of overlast worden zo voorkomen en daarbinnen past dus ook de beheersing van de blootstelling aan VOS door de gebruikte materialen.

Een advieswaarde van $0,2 \text{ mg/m}^3$ voor totaal-VOS is bedoeld als een immissieconcentratie of blootstellingsniveau voor verblijfsruimten. De commissie adviseert deze waarde te gebruiken bij de toetsing van emissies uit bouwmaterialen. Zoals opgemerkt mag dit niveau niet worden beschouwd als een strikte gezondheidkundige advieswaarde zoals de Gezondheidsraad die bijvoorbeeld afleidt voor afzonderlijke stoffen ten behoeve van de bescherming van werkers op de arbeidsplek. De gegevens die ten grondslag liggen aan de keuze zijn daarvoor te variabel, terwijl de interpretatie ervan berust op de aannamen zoals omschreven in hoofdstuk 3. Verblijfsruimten vindt men in kantoorgebouwen en woningen, maar ook in ziekenhuizen en verzorgingstehuizen. Bij een gezondheidkundige beoordeling en de keuze van een waarde moet rekening worden gehouden met lange verblijftijden en met specifieke gevoelige groepen in de samenleving. De kennis over effecten bij deze groepen is zeer gebrekkig en onvoldoende voor de noodzakelijke risicoanalyse.

De beschikbare methode voor de meting van de emissie van VOS heeft betrekking op de eerste stap van de risicobenadering. Cruciaal in deze stap is de vertaling van de beschikbare emissiegegevens naar immissiegegevens. Daarbij moet de eis worden gesteld dat de gegenereerde emissiegegevens representatief zijn voor de blootstelling aan VOS in het binnenmilieu. Gezien de beperkingen van de methode om de VOS-emissie te meten: het beperkte analytisch venster, de beperkte observatieduur, de gekozen temperatuur, vochtigheid, ventilatie en volume van de experimentele ruimte, is een vertaling van de gemeten emissie naar een representatieve immissie op dit moment niet mogelijk. Dit vraagt om een verdere technische uitwerking. Echter, men zal er altijd op bedacht moeten zijn dat, ook indien deze technische uitwerking is gerealiseerd, de gezondheidkundige evaluaties ernstige beperkingen blijven houden, vooral door het analytisch venster dat is gekozen voor de bepaling van de emissie.

Een aanpak voor een evaluatie van mogelijke risico's van VOS afkomstig uit vloerbedekkingsmateriaal is beschreven in het rapport ECA97A. De procedure volgt de gebruikelijke stappen van een risico-evaluatie te weten:

- bepaling van de VOS-emissie uit het materiaal
- het opstellen van een blootstellingsscenario om een schatting te kunnen maken van de blootstelling in de praktijk
- bepaling en beoordeling van de mogelijke effecten op de gezondheid ten gevolge van de blootstelling
- bepaling en beoordeling van de chemo-sensorische effecten
- beoordeling van zowel de gezondheidkundige aspecten als het comfort van het materiaal.

In het geval van VOS-emissies uit bouwmaterialen komt de eerste stap overeen met de gestandaardiseerde bepaling van de emissie, zoals beschreven in de adviesaanvraag. Voor de derde en vierde stap van deze procedure kunnen zoals in het voorgaande is gesteld de chemo-sensorische effecten als kritisch effect worden beschouwd. Toepassing van deze procedure is geheel afhankelijk van de mogelijkheid om stap 2 bevredigend uit te voeren. Is er een blootstellingsscenario of rekenmethode beschikbaar dan kan de emissie van VOS uit bouwmaterialen worden omgerekend naar een potentiële immissiewaarde voor VOS in verblijfsruimten. In dat geval adviseert de commissie de uitkomst daarvan te toetsen aan de genoemde waarde van $0,2 \text{ mg/m}^3$. Voor specifieke gezondheidseffecten is het noodzakelijk de gezondheidkundige advieswaarden van de individuele stoffen toe te passen. Hoofdstuk 3 laat zien dat deze advieswaarden in het algemeen aanmerkelijk hoger zullen liggen dan $0,2 \text{ mg/m}^3$.

Sterk vereenvoudigde benaderingen waarin de vertaling van emissie- naar immissieniveaus impliciet is opgenomen, zijn beschreven door *de Finnish Society for Indoor Air Quality* (FiS95), Gustafsson en Jonnson 1991 (Gus91) en Wolkoff en Nielsen (Wol96a, Wol96b). Dit zijn analytisch-chemische benaderingen voor de kwaliteitsbewaking waarbij monstername en analyse plaatsvinden onder gestandaardiseerde condities.

4.2 Conclusie

De keuze voor de totale VOS-concentratie als criterium voor een eventuele bijdrage uit bouwmaterialen betekent dat specifieke effecten van afzonderlijke VOS buiten beschouwing blijven. Deze effecten, die veelal bij hogere blootstellingsconcentraties optreden, kunnen per situatie om een aparte beoordeling vragen. De risicobenadering voor VOS in verblijfsruimten kan worden gebaseerd op de chemo-sensorische effecten. De commissie concludeert op grond daarvan dat een VOS-concentratie hoger dan $0,2 \text{ mg/m}^3$ moet worden vermeden. Dit blootstellingsniveau mag niet worden beschouwd als een strikte gezondheidkundige advieswaarde. De beperkingen ten gevolge van de keuze van het analytisch venster, de mogelijk specifieke gezondheidseffecten van afzonderlijke VOS, de grote variabiliteit in de VOS-concentraties die in het binnenmilieu worden aangetroffen en de onbekendheid met de bronnen die de emissie veroorzaken, dus ook de relatieve bijdrage uit bouwmaterialen, betekenen dat een sluitende gezondheidkundige onderbouwing niet mogelijk is. De vergelijking van het immissieniveau van $0,2 \text{ mg/m}^3$ voor VOS-mengsels in verblijfsruimten met de uitkomsten van metingen van VOS-emissies uit bouwmaterialen in klimaatkamers vraagt om een technisch rekenmodel. Met een dergelijk model kunnen emissiewaarden worden omgezet in een potentiële immissie in verblijfsruimten. De problemen die men tegenkomt bij het

ontwerpen van een dergelijk model zijn beschreven (ECA97A). Bij de uitwerking van deze benadering moet bijvoorbeeld met alle VOS-bronnen rekening worden houden.

Den Haag, 23 juni 2000,
voor de commissie

dr W Rozenboom,
secretaris

dr ir DJJ Heederik,
voorzitter

Literatuur

-
- ACG96 American Conference of Government Industrial Hygienists. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati: ACGIH, 1996.
- Ber86 Berglund B, Berglund U, Lindvall T. Assessment of discomfort and irritation from the indoor air. Proceedings of the ASHRAE Conference IAQ, Atlanta Georgia USA, 1986; p. 138.
- Ber89 Berglund B, Johansson I, Lindvall T. Volatile organic compounds from used building materials in a simulated chamber study. Environ Int 1989; 15: 383-387.
- Bro94 Brown SK, Sim MR, Abramson MJ, e.a. Concentrations of volatile organic compounds in indoor air - A review. Indoor Air 1994; 4: 123-134
- Com93 Cometto-Muñiz JE, Cain WS. Efficacy of volatile organic compounds in evoking nasal pungency and odor. Arch Environ Health 1993; 48: 309-314.
- Com95 Cometto-Muñiz JE, Cain WS. Relative sensitivity of the ocular trigeminal, nasal trigeminal, and olfactory systems to airborne chemicals, Chem Senses 1995; 20: 191-198.
- Dal97 Dalton P, Wysocki ChJ, Brody MJ, e.a. The influence of cognitive bias on the perceived odor, irritation and health symptoms of chemical exposure. Int Arch Occup Environ Health 1997; 69: 407-417.
- DeB86 De Bortoli M, Knoppel H, Pecchio E, e.a. Concentrations of selected organic pollutants in indoor and outdoor air in northern Italy. Environ Int 1986; 12: 343-350
- ECA91 European Concerted Action Indoor Air Quality and Its Impact on Man. Effects of indoor air pollution on human health. Luxembourg: EC, 1991; (EUR 14086 EN Report no. 10).
- ECA97A European Concerted Action Indoor Air Quality and Its Impact on Man. Evaluation of VOC emissions from building products, solid flooring materials. Luxembourg: EC, 1997; (EUR 17334 EN Report no. 18).
-

- ECA97B European Concerted Action Indoor Air Quality and Its Impact on Man. Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations. Luxembourg: EC, 1997; (EUR 17675 EN Report no. 19).
- ECE96 ECETOC , Technical report No. 70. Chronic neurotoxicity of solvents. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Ave. E Van Nieuwenhuysse 4 (Bte 6), B-1160 Brussels, Belgium 1996.
- ECE97 ECETOC, Special report No. 13. Occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Brussels: European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, 1997.
- EPA91 Environmental Protection Agency. Indoor air-assessment; A review of indoor air quality risk characterisation studies. Cincinnati: Center for Environmental Research Information, 1991; (EPA/600/8-90/044).
- EU67 EG. De EU-Gevaarlijke stoffenrichtlijn. Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen vanm 27 juli 1967 inzake de indeling, verpakking en het kenmerken van gevaarlijke stoffen. Zie besluit implementatie EEG Stoffenrichtlijn Wet milieugevaarlijke stoffen van 18 augustus, Stb 455 1967.
- FiS95 Finnish Society for Indoor Air Quality and Climate. Classification of indoor climate, construction, and finishing materials. Espoo: FiSIAQ, 1995; (Publication 5E).
- Fre87 Freijer J, de Loos S. Analyse van tijdsbestedingspatronen van de Nederlandse bevolking ten behoeve van een uniforme geluidsdosismaat.. RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, Rapport nr 715120002, 1987.
- GR84 Gezondheidsraad. Binnenhuisklimaat. Den Haag: Gezondheidsraad, 1984; publicatie nr 1984/01.
- Gus91 Gustafsson H and Jonnson B. Review of small-scale devices for measuring chemical emission from materials. Swedish National Testing and Research Institute, 1991.
- Hud92 Hudnell HK, Otto DA, House DE, e.a. Exposure of humans to a volatile organic mixture. II. Sensory assessment. Arch Environ Health 1992; 47: 31-38.
- Hum96 Hummel T, Barz S, Lotsch J, e.a. Loss of olfactory function leads to a decrease of trigeminal sensitivity. Chem Senses 1996; 2: 75-79.
- IARC87 IARC. Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of volumes 1-42. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: International Agency for the Research on Cancer (WHO), 1987: Suppl. 7.
- IARC95 IARC. Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: International Agency for the Research on Cancer (WHO), 1995: 477.
- Kra87 Krause C. Occurrence of volatileorganic compounds in the air of 500 homes in the Fed. Rep. of Germany. In: Seifert B, e.a., red. Indoor Air '87. Berlin: Institute of Water, Soil and Air Hygiene, 1987; 1: 102-106.
- Kna90 Knasko SC, Gilbert AN, Sabini J. Emotional state, physical well-being and performance in the presence of feigned ambient odor. J Appl Soc Psychol 1990; 20: 1345-1357.
- Leb86 Le Bret E. Volatile compounds in Dutch homes. Environ Int 1986; 12: 323-332.
- Lee92 Lees-Haley PR, Brown RS. Biases in perception and reporting following a perceived toxic exposure. Percept Mot Skills 1992; 75: 531-544.
-

- MAC97 Nationale MAC-lijst 1997. Zie para 5.5: Gecombineerde blootstelling. Den Haag: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1997.
- Møl86 Mølhav L, Bach B, Pedersen OF. Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds. *Environ Int* 1986; 12: 167-175.
- Møl90 Mølhav L. Volatile organic compounds, indoor air quality and health. In: Walkinshaw DS (Ed), *Indoor Air '90, Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate*, Toronto, Canada 1990; 5: 15-33.
- Møl91 Mølhav L. Volatile organic compounds, indoor air quality and health. *Indoor Air* 1991; 1 (4): 357-376.
- Nie95 Nielsen GD, Alarie Y, Poulsen OM, e.a. Possible mechanisms for the respiratory tract effects of noncarcinogenic indoor-climate pollutants and bases for their risk assessment. *Scand J Work Environ Health* 1995; 21: 165-178.
- NRC87 National Research Council. Policies and procedures for control of indoor air quality. Report of the committee on indoor air quality. Washington: National Academic Press, 1987.
- NVN2947 Algemene werkwijze voor de bepaling van toxische dampen of gassen door middel van actieve monsterneming met een adsorptiebuis, vloeistofdesorptie en gaschromatografie. Ontwerpnorm 1999. Nederlands Normalisatie Instituut, Kalfjeslaan 2, Delft.
- NVN2948 Algemene werkwijze voor de bepaling van toxische dampen of gassen door middel van actieve monsterneming met een adsorptiebuis, vloeistofdesorptie en gaschromatografie. Ontwerpnorm 1999. Nederlands Normalisatie Instituut, Kalfjeslaan 2, Delft.
- OMa78 O'Mahoney M. Smell illusions and suggestions: reports of smell contingent on tones played on radio and television. *Chem Senses* 1978; 3: 183-189.
- RIVM97 Milieu en Gezondheid, Overzicht van risico's doelen en beleid. Bilthoven: RIVM, 1997.
- Rot93 Rothweiler H, Schlatter Chr. Human exposure to volatile organic compounds in indoor air - A health risk? *Toxicol Environm Chem* 1993; 40: 93-102.
- Sch85 Scheffers TML, Jongeneelen FJ, Bragt PC. Development of effect-specific limit values (ESLVs) for solvent mixtures in paints, *Ann Occup Hyg* 1985; 29: 191-199.
- Sei90 Seifert B. Regulating indoor air. In: Walkinshaw DS, red. *Indoor Air '90, Proceedings of the 5th international conference on indoor air quality and climate*, Toronto, Canada, 1990; 5: 35-49
- Slo96 Slob R, Fast T, Verhoeff A, e.a. *Handboek Binnenmilieu*. Amsterdam: GG&GD, 1996.
- Tar94 Tardiff RG. Risk analysis in industrial hygiene. In: Harris RL, Cralley LJ, Cralley LV, red. *Patty's industrial hygiene and toxicology*, Vol III, Part A. 3e druk. New York: John Wiley & Sons Inc, 1994: 667-714.
- Tau97 Tauw. Validatie-onderzoek bepalingsmethode VOS-concentraties in verblijfsruimtes (meting van toluen). Deventer: Adviesbureau Tauw Milieu bv, 1997.
- TwK98 Tweede Kamer Stuk 24 280 (1998), Plan van aanpak Duurzaam Bouwen. Den Haag: SDU, 1998.
- Ver88 Verhoeff AP, Suk J, van Wijnen JH. Residential indoor air contamination by screen printing plants. *Occup Environ Health* 1998; 60: 201-209.
- Wal87 Wallace L. The total exposure assessment methodology (TEAM) study: summary and analysis. Washington: EPA, 1987.
-

- Wal94 van der Wal JF. Bepalingsmethode voor vluchtige organische stoffen ten gevolge van bouwmaterialen. Delft: TNO-Bouw, 1994; (rapport 93-BBI-R1320).
- Wel91 Welch LS. Severity of health effects associated with building-related illness. *Environ Health Perspect* 1991; 95: 67-70.
- WHO87 WHO. Air quality guidelines for Europe. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe, 1987; (European Series No. 23).
- WHO89 WHO. Indoor Air Quality: Organic Pollutants. Report on a WHO meeting. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1989; (EURO Reports and Studies 111).
- WHO97 Jantunen M, Jaakkola JJK, Kryzanowski M. Assessment of exposure to indoor air pollutants; Copenhagen: WHO Regional Office for Europe Copenhagen, 1997; (WHO Regional Publications, European Series, No 78).
- Wol96a Wolkoff P, Nielsen PA. A new approach for indoor climate labelling of building materials - emission testing, modelling and comfort evaluation. *Atmospheric Environ* 1996; 30B (15): 2679-2689.
- Wol96a Wolkoff P, Nielsen PA. Indoor climate labelling of building materials: The experimental approach for a prototype. West Conshohocken, PA: American Society for Testing Materials, 1996; (Standard Technical Publication 1287): 19428-2959.

-
- A De adviesaanvraag
-
- B De commissie
-
- C Overzicht van in binnenlucht aangetroffen stoffen uit bouwmaterialen

Bijlagen

De adviesaanvraag

Op 22 april 1997 schreef de Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer aan de Voorzitter van de Gezondheidsraad (brief DBD 97522401/Z 134938):

Met mijn brief van 8 september 1995 aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal heb ik het plan van aanpak Duurzaam bouwen aangeboden.

In het plan van aanpak heb ik onder andere het volgende aangekondigd: “Omtrent het stellen van grenswaarden aan de concentraties van asbest, radon en vluchtige organische stoffen in verblijfsruimten is nog onderzoek nodig. Bij grenswaarden behoren eenduidige en reproduceerbare bepalingmethoden. Aan de ontwikkeling van dergelijke bepalingmethoden wordt thans gewerkt. Handhaafbaarheid en eenvoud van regelgeving vormen randvoorwaarden. Het streven is voorschriften over maximale concentraties aan asbest, radon en vluchtige organische stoffen in verblijfsruimten in het Bouwbesluit op te nemen en die zo mogelijk in 1997 in werking te laten treden”.

Door TNO is een bepalingmethode ontwikkeld waarmee de concentratie van vluchtige organische stoffen (VOS) kan worden bepaald. Tauw Milieu bv heeft door een vijftal meetinstanties ter validatie van deze bepalingmethode een z.g. ringonderzoek laten uitvoeren. Het onderzoeksrapport geeft het volgende aan: “In het kader van het actieprogramma validatie milieu-meetmethoden van de Novem worden thans meerdere meetmethoden voor het meten van luchtverontreiniging gevalideerd. De in het onderhavige onderzoek gevonden reproduceerbaarheid ligt in dezelfde orde van grootte.” Het is dus onder bepaalde voorwaarden mogelijk om VOS-concentraties in binnenruimten te meten. Bijgesloten treft u een rapport aan van het betreffende validatie-onderzoek.

Omdat het mijn bedoeling is om in het Bouwbesluit zo snel mogelijk grenswaarden vast te leggen, verzoek ik u mij te adviseren wat, uit oogpunt van gezondheid, de maximaal acceptabele concentratie(s) van VOS zijn en mij te berichten binnen welke termijn u dat advies kunt uitbrengen.

De Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,
w.g. DKJ Tommel

De commissie

-
- dr ir DJJ Heederik, *voorzitter*
epidemioloog/arbeidshygiënist; Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht
 - dr JSM Boleij
chemicus; College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen, Wageningen
 - dr L van Bree
toxicoloog; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven
 - dr P van der Torn, arts
Nederlands Instituut voor Urgentiegeneeskunde, Utrecht
 - dr JH van Wijnen
epidemioloog/toxicoloog; GG & GD Amsterdam
 - dr W Rozenboom, *secretaris*
Gezondheidsraad, Den Haag
-

Bijlage

C

Overzicht van in binnenlucht aangetroffen stoffen uit bouwmaterialen

Zie volgende pagina's.

Stoffen aangetroffen in het binnenmilieu en mogelijk afkomstig van bouwmaterialen. (Ontleend aan Air quality guidelines for Europe, WHO European Series No. 23, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 1997.)

stof	blootstelling 90 perc µg/m ³	MAC-waarde in mg/m ³	geurlimiet in mg/m ³	mogelijk afkomstig van:	CAS-nummer
n-hexaan *	20	90	230	oplosmiddel, brandstof	110-54-3
hexaan *		720	4	oplosmiddel, brandstof	110-54-3
n-heptaan *	15	1200	4	oplosmiddel, brandstof	142-82-5
octaan *	10	1450	5	oplosmiddel, brandstof	111-65-9
nonaan *	20	1050	5	oplosmiddel, brandstof	111-84-2
cyclohexaan *	100	875	4	oplosmiddel, brandstof	110-82-7
methylcyclohexaan *	100	1600		oplosmiddel, brandstof	108-87-2
benzeen *	20	3,25	5	oplosmiddel, brandstof, roken	71-43-2
tolueen *	150	150 NOAEL=187	1	oplosmiddel, brandstof	108-88-3
m,p-xyleen *	40	210	0,6	oplosmiddel, brandstof	106-42-3 108-38-3
o-xyleen *	10	210	0,5	oplosmiddel, brandstof	95-47-6
ethylbenzeen*	20	215	8	oplosmiddel, brandstof	100-41-4
trimethylbenzeen *		100	6	oplosmiddel, brandstof	108-67-8 95-63-6
isopropylbenzeen, cumeen		100	7	oplosmiddel, brandstof	98-82-8
styreen *	5	107 LOEL=210	0,07	plastic	100-42-5
dichloormethaan			3	drijfgas, afbijtmiddel	75-09-2
tetrachloormethaan	5	12,6	450	oplosmiddel	56-23-5
1,1-dichloorethaan		400	4	schoonmaakmiddel	75-34-3

Vervolg.

stof	blootstelling 90 perc µg/m ³	MAC-waarde in mg/m ³	geurlimiet in mg/m ³	mogelijk afkomstig van:	CAS-nummer
1,1,1-trichloorethaan *	20	555	4	oplosmiddel, stomerij	71-55-6
chloroform	15	5	0,07	drinkwater	100-42-5
trichloorethyleen *	20	190 NOAEL=189	5	oplosmiddel, vlekken middel	79-01-6
tetrachloorethyleen *	20	240 NOAEL=136	8	oplosmiddel, stomerij	127-18-4
chlorobenzeen	10	46	3,2	oplosmiddel,	108-90-7
o-dichloorbenzeen	5	150	1,8-30	deodorant, mottenballen	95-50-1
p-dichloorbenzeen *	20	150	7	deodorant, mottenballen	106-46-7
1,2,4-trichloorbenzeen	15	15,1		oplosmiddel, pesticide	120-82-1
butanol *	5	450		oplosmiddel	71-36-3 78-92-2
2-ethyl- hexanol *	5	100		oplosmiddel, weekmaker	104-76-7
methylethyl- keton *	10	590		oplosmiddel	78-93-3
4-methyl- pentanon	2 (50 perc.)			oplosmiddel	
formaldehyde	60	1,5		spaanplaat, polyurethaan	50-50-0
aceetaldehyde	30	180		roken	75-07-0
hexanal	5	180		papier	66-25-1
limoneen *	70	100		geurstof, wasmiddel	138-86-3
pineen *	20	100		was, houtproducten	80-56-8
naphtaleen *	5	50		oplosmiddel, mottenballen	91-20-3

* stoffen die in publicatie ECA97B (zie literatuurlijst) zijn gerangschikt als behorend tot totaal VOS (TVOS)

