



kwaliteit van de woning

# Recirculatie en stofconcentraties bij luchtverwarming en gebalanceerde ventilatie

samenvatting

*volkshuisvesting*

*nationaal*



Directoraat-Generaal van de Volkshuisvesting  
Directie Onderzoek en Kwaliteitszorg

# **Recirculatie en stofconcentraties bij luchtverwarming en gebalanceerde ventilatie**

**H e t e f f e c t v a n g e b a l a n c e e r d e v e n t i l a t i e  
m e t r e c i r c u l a t i e o p h e t b i n n e n m i l i e u m e t  
b e t r e k k i n g t o t h e t o p t r e d e n v a n e n d e  
b l o o t s t e l l i n g a a n v e r o n t r e i n i g i n g e n**

juli 1990

Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening  
en Milieubeheer

Het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en de daaronder ressorterende afdelingen, diensten en personen aanvaarden geen enkele aansprakelijkheid uit welke hoofde dan ook voor het gebruik van de in deze publikatie vermelde onderzoekresultaten en het toepassen van de daarin beschreven gegevens, methodieken en constructies. Een ieder is en blijft derhalve te dien aanzien volledig zelf aansprakelijk.

Verkrijgbaar bij:  
Ministerie van VROM,  
Directie Voorlichting en Externe Betrekkingen  
Van Alkemadelaan 85  
2597 AL 's-Gravenhage.

Dit is een onderzoek dat in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer is uitgevoerd door:

Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO  
afdeling Binnenmilieu  
Postbus 217  
2600 AE Delft

Auteurs: H.J.M. Cornelissen  
W. Kornaat

## Inhoud

Bladzijde

	Samenvatting	3
1.	Inleiding	5
2.	Opzet van het onderzoek	7
	De dosis waaraan bewoners worden blootgesteld	7
	Het in beweging houden van stof	7
	Opwerveling van vloerstof	8
	Allergeenmetingen	8
	Metingen naar het voorkomen van huisstofmijten	8
3.	Resultaten en bespreking	9
	De dosis waaraan de bewoners worden blootgesteld	9
	Het in beweging houden van stof	10
	Opwerveling van vloerstof	12
	Allergeenmetingen	12
	Metingen naar het voorkomen van huisstofmijten	12
4.	Literatuur	13
	Bijlage A: Dosis waaraan personen per seizoen dag worden blootgesteld	15
	Bijlage B: Concentratieverhogingen	17
	Publikatiereeks DGVH/DOK rapporten	19

## Samenvatting

In het kader van het project 'Recirculatie in woningen' is in opdracht van DGVH door de afdeling Binnenmilieu van MT-TNO onderzoek verricht met betrekking tot het toepassen van luchtverwarming in de woningbouw naar:

- de toelaatbaarheid van recirculatie;
- de bewering dat toepassing van luchtverwarming aanleiding geeft tot een verhoogde kans op het optreden van allergische reacties onder andere door hogere stofconcentraties in de lucht en microbiologische verontreinigingen in het systeem.

De toelaatbaarheid van recirculatie is nagegaan door de dosis waaraan bewoners worden blootgesteld in woningen waar recirculatie wordt toegepast te vergelijken met de dosis waaraan bewoners worden blootgesteld in woningen waar geen recirculatie wordt toegepast.

Uit het onderzoek volgt dat voor iedere bewoner geldt dat de dosis waaraan hij of zij wordt blootgesteld in een woning met recirculatie altijd lager is dan in een soortgelijke woning met een ander type ventilatie systeem. Dit geldt zowel voor de dosis waarbij het bewonersgedrag in beschouwing is genomen als waarbij dit niet is gedaan. Een uitzondering hierop is de belasting van de peuter bij een eengezinwoning met open keuken en bij een flatwoning. De belasting van de peuter is bij gebalanceerde ventilatie en recirculatie inclusief de effecten van bewonersgedrag iets groter dan bij de vergelijkbare situatie met mechanische afvoer. Het verschil is echter minimaal.

Het bewonersgedrag is sterk van invloed op de dosis waaraan bewoners worden blootgesteld.

In de situaties waarbij rekening is gehouden met het bewonersgedrag treden beduidend kleinere verschillen op in de mate van blootstelling bij de verschillende typen woningen en ventilatiesystemen dan in het geval dat geen rekening wordt gehouden met het bewonersgedrag.

Om vast te stellen of luchtverwarming leidt tot hogere stofconcentraties in de lucht is:

- het in beweging houden van stof onderzocht door metingen in een woning met luchtverwarming bij aangeschakelde luchttoevoer en uitgeschakelde luchttoevoer (de laatste situatie wordt luchttechnisch gezien representatief geacht voor een situatie met radiatorverwarming);
- de opwerveling van stof door een laaggeplaatst inblaasrooster onderzocht waarbij onder laboratoriumomstandigheden een woningsituatie is nagebootst.

Uit het onderzoek blijkt dat het beschouwde stof in de situatie met luchtverwarming in dezelfde mate in beweging gehouden wordt dan in de situatie met radiatorverwarming. De tijd, waarna de stofconcentraties tot 10% van de beginwaarde zijn afgenomen, is in beide situaties 21 tot 22 minuten. Dit ondersteunt de aanvankelijke verwachting dat bij lucht- en radiatorverwarming gemiddeld de mate van luchtbeweging in dezelfde orde van grootte ligt. Vooralnog is er dan ook geen reden om aan te nemen dat vezels bij luchtverwarming wel langer in beweging gehouden zullen worden.

Het laag inblazen van lucht veroorzaakt op zich geen opwerveling van het beschouwde stof. Indien gelopen wordt door het stof treedt zowel met als zonder lage luchttoevoer opwerveling op. Bij een in de praktijk veel voorkomende omhoog gerichte inblaas zijn de concentratieverhogingen echter veelal lager dan in de situatie zonder luchtinblaas. Dit wordt mede veroorzaakt doordat bij deze inblaasrichting de luchtsnelheden bij de vloer beperkt zijn. Het omhoog gericht inblazen vormt dus een gunstige situatie en zal verder veelal uit klimaatoverwegingen (voorkomen tochtthinder) gewenst zijn. In relatie met bovenstaande is het de verwachting dat ook de opwerveling van vezels bij omhoog inblazen beperkt zal zijn.

## **Samenvatting**

De microbiologische aspecten van een luchtverwarmingssysteem zijn globaal onderzocht door:

- in een woning stofmonsters uit de woning en uit het luchtverwarmingssysteem te verzamelen en de allergeengehalten hierin te bepalen;
- in een zestal woningen stofmonsters en filters uit het systeem te verzamelen en het voorkomen van huisstofmijten hierin te bepalen.

De allergeenmetingen zijn te beperkt om algemeen geldende conclusies op te baseren. De veel gehoorde verwachting dat filters in het algemeen functioneren als verzamelplaats en haard voor verontreinigingen, wordt door de metingen echter niet onderschreven.

Huisstofmijten of herkenbare resten hiervan zijn in de verwarmingsinstallaties niet aangetroffen, maar zijn daarnaast ook niet aangetroffen in het vloerstof in de woningen.

## 1: Inleiding

In het kader van het project 'Recirculatie in woningen' zijn in opdracht van DGVH door de afdeling Binnenmilieu van MT-TNO in 1988 en 1989 twee deelonderzoeken uitgevoerd met betrekking tot de toepassing van luchtverwarming in de woningbouw. In dit rapport wordt een samenvatting hiervan gegeven, waarbij voor aanvullende informatie wordt verwezen naar de afzonderlijke rapportage van de twee deelonderzoeken [1]\* en [2].

In [1] is de toelaatbaarheid van het toepassen van recirculatie naar de slaapkamers onderzocht. De aanleiding hiervoor is dat in een aantal woningen met gebalanceerde ventilatie een deel van de lucht wordt gerecirculeerd terwijl dit echter volgens de norm NEN 1087 'Ventilatie in woongebouwen' (1974) in principe niet is toegestaan [3]. De slaapkamers dienen volgens deze norm geventileerd te worden met verse (buiten) lucht. Deze eis is gebaseerd op het beperken van de verspreiding van verontreinigingen, die vaak in andere ruimten dan de slaapkamer (zoals bijvoorbeeld de woonkamer en keuken) geproduceerd worden. De aanleiding voor deelonderzoek [2] vormt de veel gehoorde bewering dat toepassing van luchtverwarming, in vergelijking tot bijvoorbeeld radiatorverwarming, leidt tot een verhoogde kans op het optreden van allergische reacties omdat gemiddeld de stofconcentraties, met hieraan gekoppeld allergeen, in de vertrekklucht hoger zouden zijn. Volgens zeggen zou dit veroorzaakt worden door de gemiddeld sterkere luchtbewegingen en door de opwerveling van vloerstof bij de vaak toegepaste lage inblaasroosters. Daarnaast zou het systeem met recirculatie mogelijk continu (allergeen)stof de vertrekken inblazen mede door een mogelijke microbiologische verontreiniging van het systeem. Op voorhand wordt opgemerkt dat ons inziens, op basis van bestaande kennis, verwacht wordt dat gemiddeld de mate van luchtbeweging bij lucht- en radiatorverwarming nagenoeg in dezelfde orde van grootte zal liggen. Plaatselijk daarentegen, zoals bij inblaasroosters, zijn wel hogere luchtsnelheden te ver-

wachten. Een verhoogde kans op opwerveling bij laaggeplaatste inblaasroosters lijkt dus mogelijk.

Om na te gaan of in woningen met recirculatie de bewoners aan een hogere belasting van verontreinigingen worden blootgesteld is met rekenmodellen een modelstudie uitgevoerd waarbij de blootstelling van bewoners aan verontreinigingen binnen de woning is onderzocht.

Om uitspraken omtrent de vermeende hogere stofconcentraties en de microbiologische verontreiniging van luchtverwarmingssystemen te kunnen doen is (zijn):

- A. het effect van het in beweging houden van stof afhankelijk van het verwarmings(ventilatie)systeem onderzocht;
- B. de opwerveling van stof door een laaggeplaatst inblaasrooster onderzocht;
- C. van een aantal stofmonsters, verzameld uit luchtverwarmingssystemen, de allergeengehalten bepaald en onderzocht op het voorkomen van huisstofmijten.

\* Zie literatuurlijst op bladzijde 13

## **2: Opzet van het onderzoek**

### **De dosis waaraan bewoners worden blootgesteld**

De resulterende dosis, veroorzaakt door een bron in de woning, waaraan bewoners worden blootgesteld is afhankelijk van een aantal parameters. De belangrijkste worden hieronder gegeven.

- het type woning;
- de ligging van de woning;
- de luchtdoorlatendheid van de woning;
- de weersomstandigheden;
- de ventilatie van de woning;
- de aanwezigheid van de bewoners in de verschillende ruimten in de woning;
- het gebruik van de binnendeuren door de bewoners;
- bewonersgedrag ten aanzien gebruik ventilatievoorzieningen;
- de sterkte van de verontreinigende bron.

De dosis is bepaald voor drie woningtypen, een eengezinswoning met open keuken, een eengezinswoning met gesloten keuken en een flatwoning. Per type woning zijn twee ventilatiesystemen doorgerekend. Waarvan steeds één met gebalanceerde ventilatie met recirculatie. Het onderzoek is uitgevoerd voor een typische winter-, voor/najaar- en zomerdag. Verder richtte het onderzoek zich op de situaties met en zonder bewonersgedrag ten aanzien van het gebruik van de ventilatievoorzieningen en binnendeuren.

Voor de luchtdoorlatendheid van de woningen is uitgegaan van de bovengrens van de norm NEN 2687 [4]. Bij het onderzoek is aangenomen dat de woningen een beschutte ligging hadden. Uitgegaan is van een gezin bestaande uit vier personen, een huisvrouw/-man, werkende man/vrouw, schoolgaand kind en een peuter. Aangenomen is dat de aanwezigheid van de verschillende personen in de ruimten van de woningen voor ieder seizoen gelijk is. Bij de situaties

met bewonersgedrag is het gebruik van de binnendeuren in de beschouwing betrokken.

Als verontreinigingsbron is het roken van sigaretten gekozen. De belangrijkste reden hiervan is dat roken vooral in de woonkamer plaatsvindt.

Bij recirculatie van lucht uit de woonkamer naar de slaapkamers is dit van belang voor de belasting van de in de slaapkamers verblijvende personen, meestal kinderen. De sterkte van deze bron wordt bepaald door de rookproductie per sigaret en het aantal sigaretten dat door de bewoners per tijdseenheid wordt gerookt; het rookgedrag. Uitgegaan is van een bronsterkte van  $75 \mu\text{g/s}$  gedurende 10 minuten. Dit komt neer op een rookproductie van 45 mg per sigaret. In totaal worden 15 sigaretten per dag in de woning gerookt. Aangenomen is dat de verontreiniging zich ogenblikkelijk en homogeen binnen een ruimte verspreidt.

### **Het in beweging houden van stof**

Het in beweging houden van stof afhankelijk van het verwarmings(ventilatie)systeem is onderzocht in een eengezinswoning voorzien van luchtverwarming. Stof is hiervoor in de vertrek-lucht aangebracht waarna de concentratieafname in de tijd geregistreerd is. Als maat voor het in beweging houden van het stof is uit het gemeten concentratieverloop de tijd bepaald, waarna de concentratie tot 10% van de beginwaarde is afgenomen ( $T_{90}$ -waarde). Deze  $T_{90}$ -waarde zal in het vervolg kortweg als tijdsconstante aangeduid worden. Bij de metingen is het stof steeds aangebracht in de woonkamer, de hal, de overloop, de beide slaapkamers en de zolder. Om een homogene verdeling van het stof over de vertreklucht te verkrijgen is het stof vernevelend met een vaporisator ingeblazen waarbij gelijktijdig met een ventilator een sterke luchtstroming onderhouden werd. In de verschillende vertrekken is het concentratieverloop op 1,50 m hoogte gemeten. Aan de hand hiervan is het gemiddelde concentratieverloop en de gemiddelde tijdsconstante voor de gehele woning bepaald. De metingen zijn uitgevoerd bij zowel aan- als uitgeschakelde luchttoevoer. De situatie met aangeschakelde luchttoevoer is representa-



tief voor de situatie bij toepassing van luchtverwarming. De situatie met uitgeschakelde luchttoevoer dient ter referentie en is luchttechnisch gezien representatief voor de situatie met een meer conventioneel en geaccepteerd verwarmings(ventilatie)systeem zoals bijvoorbeeld radiatorverwarming met mechanische afzuiging. Opgemerkt wordt dat bij aangeschakelde luchttoevoer de verwarming uitstond en dat bij uitgeschakelde luchttoevoer geen verwarmingslichamen zijn nagebootst. Verder is door metingen het effect van het toepassen van een electrostatisch filter in het luchtverwarmingssysteem onderzocht.

### Opwerveling van vloerstof

De opwerveling van stof door een laaggeplaatst inblaasrooster is onderzocht onder laboratoriumomstandigheden. In een proefkamer is hierbij stof op de vloer bij een laaggeplaatst inblaasrooster aangebracht en zijn de stofconcentraties op meerdere posities in de vertrekklucht gemeten. Het inblaasrooster was geplaatst op 0,30 m hoogte boven de vloer. Het toegevoerde debiet bedroeg 20 dm<sup>3</sup>/s en de inblaastemperatuur 40° C. Bij de metingen is op 0,30 m afstand van het rooster over een vloeroppervlak van ongeveer 0,25 m<sup>2</sup> steeds ongeveer 20 gram stof aangebracht. De stofconcentraties zijn gemeten op 8 posities.

De stofconcentratieverhogingen zijn bepaald voor de situaties dat:

- gedurende 5 minuten de lucht recht naar voren, omlaag en omhoog gericht ingeblazen wordt;
- gedurende 5 minuten de lucht recht naar voren, omlaag en omhoog gericht ingeblazen wordt, terwijl ongeveer 40 maal door het stof gelopen wordt;
- gedurende 5 minuten ongeveer 40 maal door het stof gelopen wordt, terwijl geen luchttoevoer plaatsvindt.

De stofconcentratieverhogingen zijn voor bovenvermelde situaties bepaald:

- voor een harde en gladde vloer, namelijk een stenen tegelvloer;
- bij toepassing van vezelachtige vloertegels als vloerbedekking.

### Allergeenmetingen

In één woning met luchtverwarming zijn met behulp van een ministofzuiger vier stofmonsters verzameld, namelijk:

- vloerstof;
- stof van het rooster in het luik naar de zolder, waar alle recirculerende lucht doorstroomt;
- stof van het filter in het luchtverwarmingssysteem;
- stof van de toevoerroosters in woonkamer en slaapkamers.

Met behulp van immunochemische methoden is het gehalte van de huisstofmijten-allergenen en het kat-allergeen in de stofmonsters bepaald.

### Metingen naar het voorkomen van huisstofmijten

Dit onderzoek is uitgevoerd in zes woningen met luchtverwarming. Uit drie van deze woningen zijn de filters uit de installaties verwijderd. In de overige drie woningen zijn stofmonsters uit de installaties en van de vloeren verzameld. De filters en stofmonsters zijn microscopisch onderzocht op het voorkomen van huisstofmijten.

### 3: Resultaten en bespreking

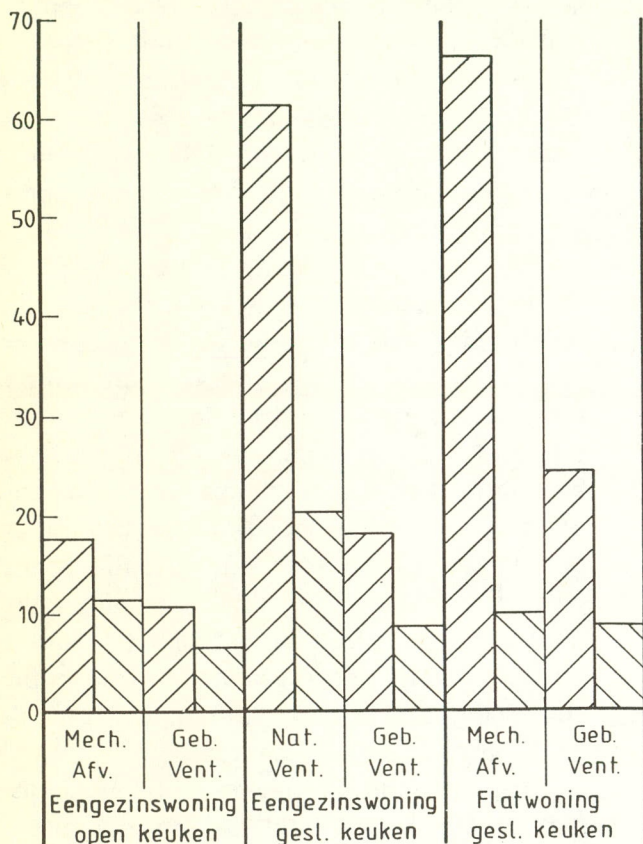
#### De dosis waaraan de bewoners worden bloot gesteld.

Uit de concentraties per vertrek en tijdsduur van blootstelling volgt de externe dosis waaraan de bewoners per seizoen worden blootgesteld. Deze waarden worden in bijlage A gegeven. In de figuren 1 tot en met 4 wordt de jaargemiddelde dosis voor de vier personen weergegeven voor de situaties met en zonder bewonersgedrag. De gegeven waarden in bijlage A en de figuren 1 t/m 4 mogen niet als absoluut worden gezien, omdat de adsorptie en afbraak van de verontreiniging niet in beschouwing is genomen.

- De huisman/vrouw en buitenshuis werkende man/vrouw worden aan de grootste dosis blootgesteld, maar zijn ook de rokers.
- De belasting van de huisman/vrouw, buitenshuis werkende man/vrouw en van het schoolgaand kind is nagenoeg onafhankelijk van het seizoen. De belasting van de peuter is sterker seizoensafhankelijk. Met name in de zomer is de belasting lager.
- De belasting voor de meeste situaties is in de flatwoningen het grootst. Daarna volgt de eengezinswoning met gesloten keuken. De belasting in de eengezinswoning met open keuken is het geringst. Bij de modelstudie bevindt de bron zich een belangrijk deel van de tijd in de woonkamer, woonkamer/keuken. Indien de bron zich in de keuken bevindt zal de belasting van de personen in de eengezinswoning met open keuken groter zijn dan in de eengezinswoning met gesloten keuken.
- De dosis is voor alle bewoners bij woningen met gebalanceerde ventilatie en recirculatie zonder rekening te houden met het effect van het bewonersgedrag kleiner dan bij de woningen met een ander ventilatiesysteem.
- Het bewonersgedrag, ten aanzien van het gebruik van de ventilatievoorzieningen en binnendeuren, heeft een grote invloed op de dosis waaraan de bewoners worden blootgesteld.
- Met het bewonersgedrag ten aanzien van het gebruik van de ventilatievoorzieningen en binnendeuren in beschouwing genomen is de belasting altijd lager dan zonder bewonersgedrag voor een zelfde type woning en ventilatiesysteem. De invloed van het bewonersgedrag is echter niet voor alle situaties even groot.
- Het effect van het bewonersgedrag is het grootst voor de flatwoning met mechanische afvoer. De dosis in de situatie met bewonersgedrag bedraagt ongeveer 15 % van de dosis in de situatie waarbij geen bewonersgedrag in beschouwing is genomen.
- Voor de eengezinswoning met open keuken en mechanische afvoer is het effect van het bewonersgedrag het geringst. De dosis waarbij het bewonersgedrag ten aanzien van het gebruik van de ventilatievoorzieningen en binnendeuren in beschouwing is genomen bedraagt ongeveer 65 % tot 90 % (varieert per persoon) van de dosis zonder bewonersgedrag. Voor de peuter is de situatie echter gunstiger. De dosis waarbij het bewonersgedrag ten aanzien van het gebruik van de ventilatievoorzieningen en binnendeuren in beschouwing is genomen bedraagt 22 % van de dosis zonder bewonersgedrag.
- De dosis is voor alle bewoners bij woningen met gebalanceerde ventilatie en recirculatie waarbij rekening is gehouden met bewonersgedrag kleiner dan bij de woningen met een ander ventilatiesysteem. Een uitzondering hierop is de belasting van de peuter bij een eengezinswoning met open keuken en flatwoning. De belasting van de peuter is bij gebalanceerde ventilatie met recirculatie met bewonersgedrag iets groter dan bij mechanische afvoer met bewonersgedrag. Het verschil is echter minimaal.
- De verschillen tussen de belastingen bij gebalanceerde ventilatie met recirculatie en het andere beschouwde type ventilatiesysteem zijn met bewonersgedrag beduidend kleiner dan zonder bewonersgedrag.
- De onderlinge verschillen tussen de belasting met bewonersgedrag bij de verschillende typen woningen en ventilatiesystemen zijn bij de peuter het geringst.

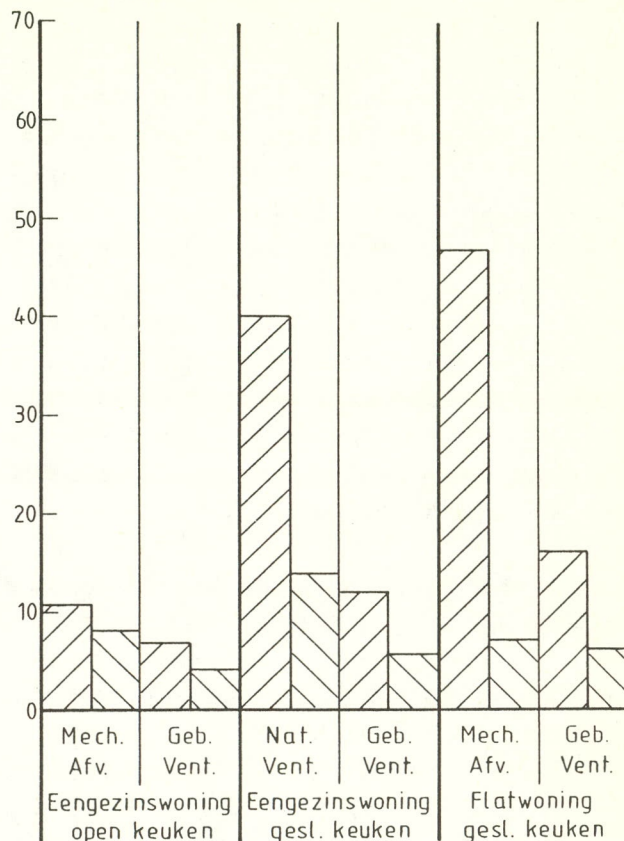
Figuur 1: De jaargemiddelde dosis waaraan de huisman / -vrouw wordt blootgesteld

Persoon : huisman/vrouw  
 Seizoen : jaargemiddelde  
 Bewonersgedrag : zonder /// met \\\\  
 Dosis (g/m<sup>3</sup>) x expositieduur



Figuur 2: De jaargemiddelde dosis waaraan het schoolgaand kind wordt blootgesteld

Persoon : schoolgaand kind  
 Seizoen : jaargemiddelde  
 Bewonersgedrag : zonder /// met \\\\  
 Dosis (g/m<sup>3</sup>) x expositieduur



Het in beweging houden van stof

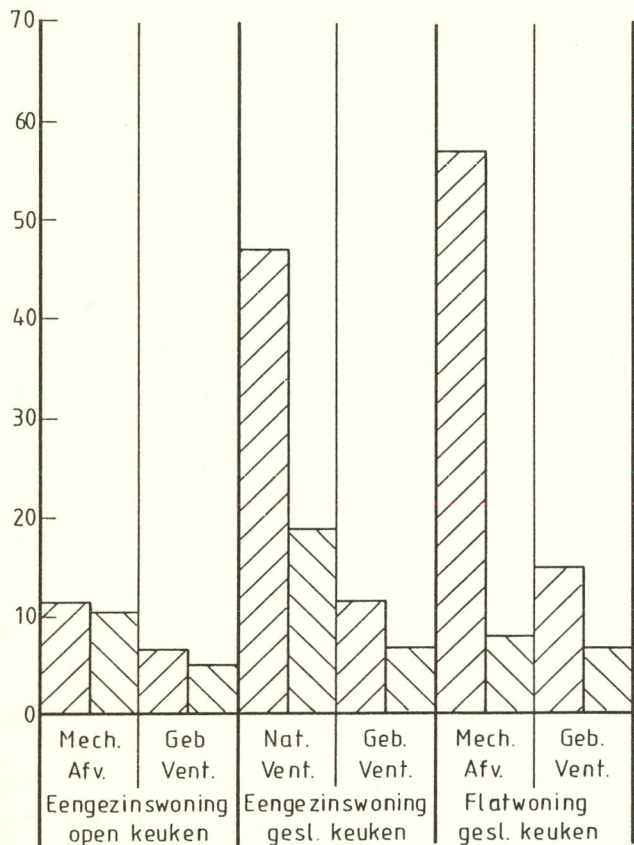
De gemeten tijdsconstanten in de situatie met luchtverwarming (luchttoevoer aan), de situatie met radiatorverwarming (luchttoevoer uit) en de situatie met luchtverwarming bij toepassing van een electrostatisch filter zijn nagenoeg gelijk en bedragen 21 tot 22 minuten. Indien verwarming nagebootst was, kan verwacht worden dat de tijdsconstanten iets toe zullen nemen. De verschillen tussen de beschouwde situaties zullen ons inziens echter ook dan beperkt blijven.

Voor een juiste interpretatie van de gemeten tijdsconstanten (met betrekking tot het in beweging houden van stof) zijn door modelonderzoek de concentratieafnamen ten gevolge van verdunning door luchtverversing, stofdepositie in

het kanalenstelsel en stofdepositie in de vertrekken afzonderlijk gesimuleerd. Uit dit onderzoek bleek dat de luchtverversing zodanig is, dat de invloed hiervan op de gemeten concentratieafnamen gering is. Per vertrek zal de tijd, waarna de concentraties alleen door luchtverversing zijn afgenomen tot 10% van de beginwaarde, in de orde van grootte liggen van 1,5 tot 4,5 uur. Verder is de luchtverversing van de totale woning bij aan- en uitgeschakelde luchttoevoer gelijk. Gemiddelde over de totale woning is de invloed van de luchtverversing op de gemeten tijdsconstanten in beide situaties dan ook gelijk. Het gesimuleerde concentratieverloop voor de woonkamer bij aangeschakelde luchttoevoer wordt weergegeven in figuur 5. Hieruit blijkt dat het gemeten concentratieverloop uitgaande van eenzelfde depositie in het

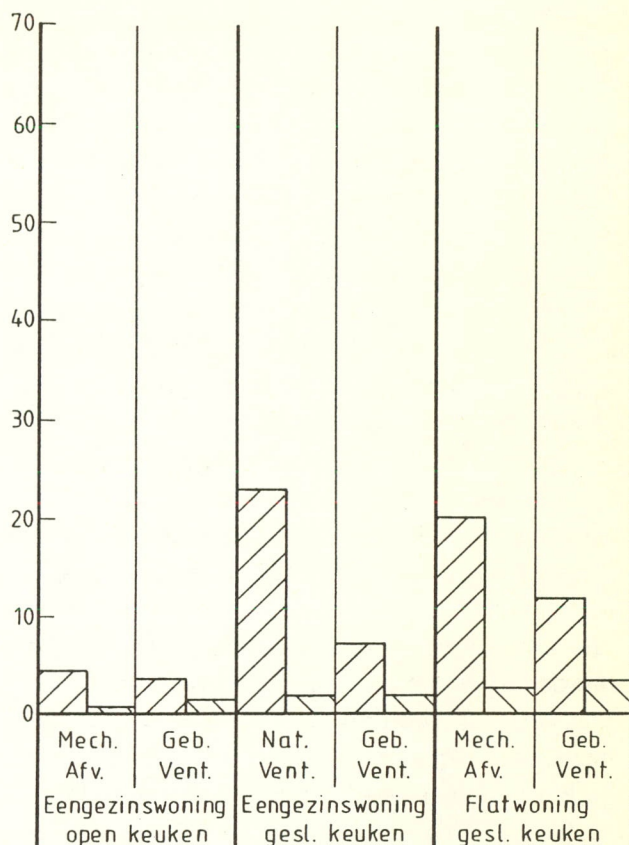
Figuur 3: De gemiddelde jaardosis waaraan de buitenshuis werkende man/vrouw wordt blootgesteld

Persoon : werkende man/vrouw  
 Seizoen : jaargemiddelde  
 Bewonersgedrag : zonder /// met \\\\  
 Dosis (g/m<sup>3</sup>) × expositieduur

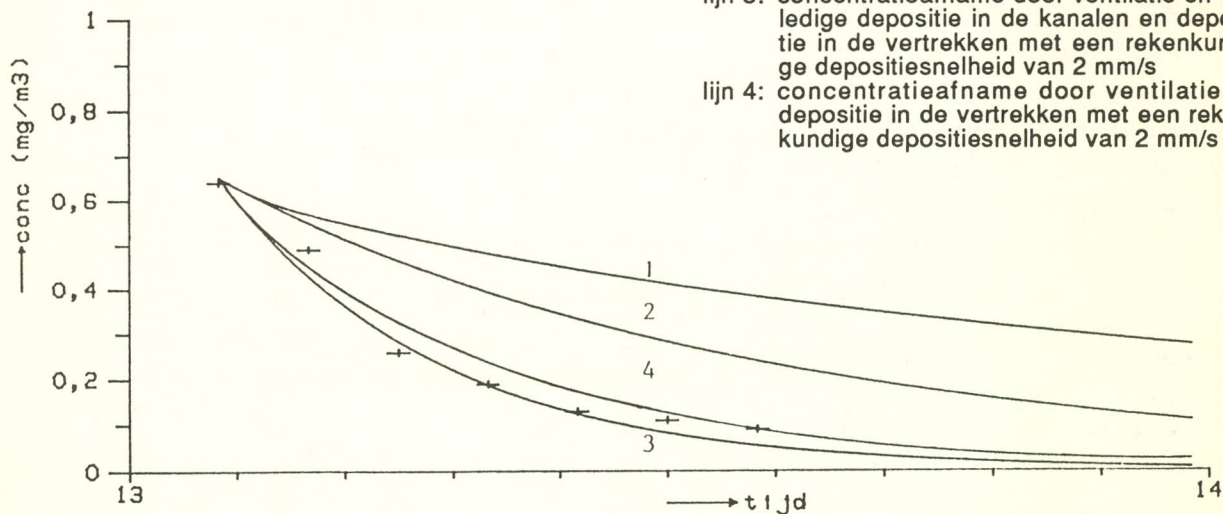


Figuur 4: De jaargemiddelde dosis waaraan de peuter wordt blootgesteld

Persoon : peuter  
 Seizoen : jaargemiddelde  
 Bewonersgedrag : zonder /// met \\\\  
 Dosis (g/m<sup>3</sup>) × expositieduur



Figuur 5: Gesimuleerde (lijn 1 t/m 4) en gemeten (+) concentratieafname in de woonkamer bij aangeschakelde luchttoevoer.



- lijn 1: concentratieafname door ventilatie
- lijn 2: concentratieafname door ventilatie en volledige depositie in de kanalen
- lijn 3: concentratieafname door ventilatie en volledige depositie in de kanalen en depositie in de vertrekken met een rekenkundige depositiesnelheid van 2 mm/s
- lijn 4: concentratieafname door ventilatie en depositie in de vertrekken met een rekenkundige depositiesnelheid van 2 mm/s

vertrek zowel met en zonder stofdepositie in het kanalenstelsel (respectievelijk de lijnen 3 en 4) goed benaderd wordt. De stofdepositie in het kanalenstelsel heeft dus een geringe invloed op de gemeten concentratieafnamen.

Voorgaande toont aan dat de gemeten concentratieafnamen in hoofdzaak bepaald worden door stofdepositie in de vertrekken. Op basis van de gemeten tijdsconstanten mag dan gesteld worden dat bij toepassen van luchtverwarming stof niet langer in beweging gehouden wordt dan bij radiatorverwarming. Het bovenstaande onderschrijft onze aanvankelijke verwachting dat de mate van luchtbeweging en de luchtsnelheden gemiddeld in een woning bij lucht- en radiatorverwarming in dezelfde orde van grootte liggen. Vooralsnog is er dan ook geen reden om aan te nemen dat vezels bij luchtverwarming wel langer in beweging gehouden worden dan bij radiatorverwarming. Het feit, dat stofdepositie in het kanalenstelsel van ondergeschikt belang is, verklaart ook dat toepassing van het electrostatische filter in de recirculatie aanzuigopening nagenoeg geen verlaging van de tijdsconstante tot gevolg heeft. Niettemin mag verwacht worden dat in een praktijksituatie, waarbij fijner (permanent zwevend) stof aanwezig is en activiteiten voor een voortdurende productie van stof zorgen, het toepassen van een goed functionerend electrostatisch filter in de loop der tijd een afname van de totaal in een woning aanwezige hoeveelheid stof zal bewerkstelligen.

#### **opwerveling van vloerstof**

Het laag inblazen van de lucht op zich veroorzaakt geen opwerveling van het stof. Indien gelopen wordt door het stof treden zowel met en zonder luchttoevoer concentratieverhogingen in de ademzone op. De activiteit bij het rooster (in dit geval het lopen door het stof) is dus van grote invloed op de mate van opwerveling. De concentratieverhogingen zijn in de situatie met vezelachtige tegels als vloerbedekking globaal een factor 3 lager dan bij de stenen tegelvloer. De verschillen tussen de optredende concentratieverhogingen in de situaties met en zonder

luchttoevoer zijn beperkt. Bij het recht inblazen met een stenen tegelvloer zijn de concentratieverhogingen op 1,5 m afstand van het rooster groter dan in de situatie zonder luchttoevoer. Met name bij omhoog gerichte inblaas zijn de concentratieverhogingen beperkt (veelal lager dan zonder luchttoevoer). Voor de situatie met stenen tegelvloer, terwijl gelopen werd door het stof, zijn de concentratieverhogingen met omhoog gerichte inblaas en zonder luchttoevoer weergegeven in bijlage B. De beperkte concentratieverhogingen worden mede veroorzaakt doordat bij het omhoog inblazen de luchtsnelheden bij het rooster langs de vloer beperkt zijn, namelijk 0,1 tot 0,15 m/s. Het omhoog inblazen vormt dus een gunstige situatie en zal veelal ook uit klimaatoverwegingen (voorkomen tocht-hinder) gewenst zijn. In relatie tot het bovenstaande is het de verwachting dat ook de opwerveling van vezels bij omhoog inblazen beperkt zal zijn.

#### **allergeenmetingen**

De gemeten allergeengehalten op het rooster in het zolderluis en op de toevoerroosters zijn gemiddelde ongeveer een factor 2 hoger dan de gehalten in het vloerstof, terwijl de gehalten in het filter nagenoeg gelijk of lager zijn dan de gehalten in het vloerstof.

De veel gehoorde bewering dat filters in het algemeen functioneren als een verzamelplaats en haard voor verontreinigingen, wordt door de metingen dus niet onderschreven. Algemeen geldende conclusies kunnen en mogen gezien het beperkte aantal metingen echter niet getrokken worden.

#### **metingen naar het voorkomen van huisstofmijten**

Huisstofmijten of herkenbare resten hiervan zijn in de verwarmingsinstallaties niet aangetroffen. Op basis hiervan kan echter niet gesteld worden dat huisstofmijten niet voorkomen in luchtverwarmingsinstallaties omdat in de stofmonsters, verzameld van de vloeren in drie van de zes woningen, ook geen huisstofmijten zijn aangetroffen.

## 4: Literatuur

- [1] Cornelissen, H.J.M. e.a.  
Rekenstudie toelaatbaarheid van het recirculeren van lucht uit de woonkamer naar de slaapkamers TNO-rapport R89/306, Delft 1989
  
- [2] Kornaat, W. e. a.  
Recirculatie in woningen. Invloed van luchtverwarming op stofconcentraties in de binnenlucht TNO-rapport R89/298, Delft 1989
  
- [3] NEN 1087 Ventilatie van woongebouwen.  
Eisen. Nederlands Normalisatie Instituut, Rijswijk 1975.
  
- [4] NEN 2687 Luchtdoorlatendheid van woningen.  
Eisen. Nederlands Normalisatie Instituut, Delft, 1986

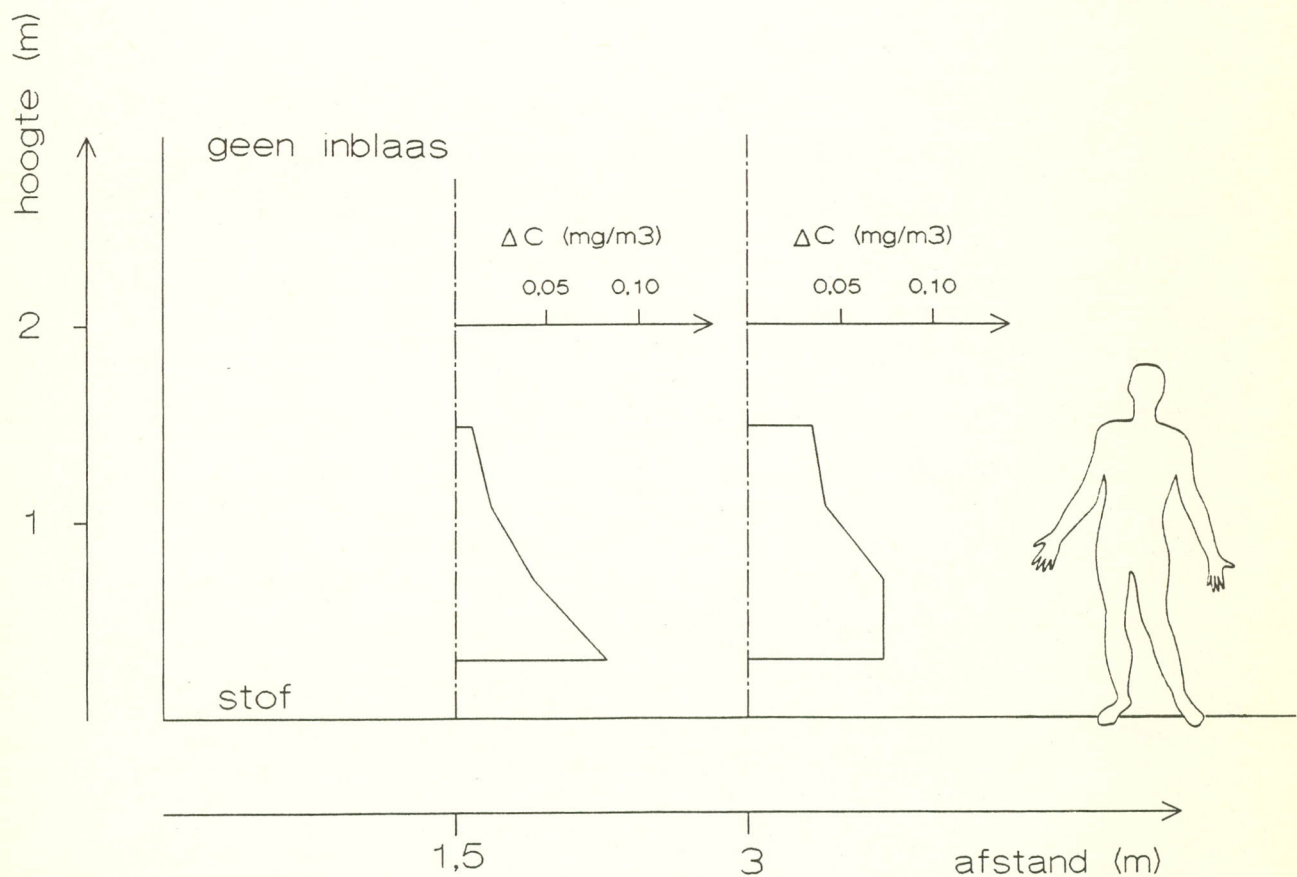
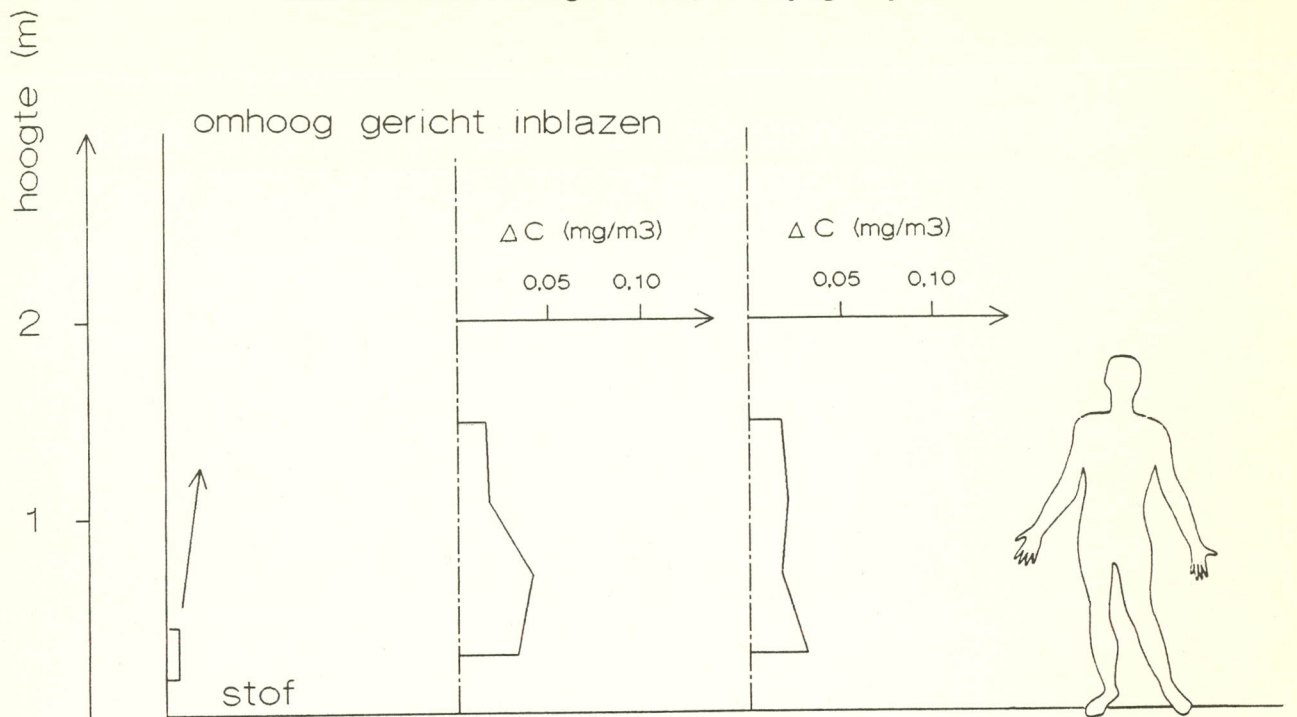
Dosis [(g/m<sup>3</sup>) x expositieduur]

type woning	ventilatie-systeem	bewoners-gedrag	seizoen winter				voor/najaar				zomer				jaargemiddelde			
			bew. 1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
eengezinswoning open keuken	mechanische afvoer	zonder met	11,1	17,5	10,0	4,5	11,5	17,9	10,4	4,6	11,6	18,1	10,3	4,7	11,4	17,9	10,3	4,6
			9,9	12,1	7,7	1,6	10,3	12,1	8,2	1,1	10,5	10,2	8,1	0,2	10,3	11,6	8,1	1,0
	gebalanceerde ventilatie	zonder met	6,9	11,1	6,7	4,7	6,8	11,0	6,6	4,2	6,5	10,7	6,4	4,2	6,8	11,0	6,6	4,2
			6,0	8,3	5,3	2,8	4,7	6,1	4,0	1,3	5,1	5,7	4,1	0,9	5,1	6,6	4,4	1,6
eengezinswoning gesloten keuken	natuurlijke ventilatie	zonder met	42,4	56,7	36,3	22,0	48,1	62,5	40,9	23,7	50,8	64,7	43,3	23,6	47,4	61,6	40,4	23,3
			17,5	21,6	13,9	3,8	19,7	20,8	14,7	2,0	19,2	18,9	14,0	0,9	19,0	20,5	14,3	2,2
	gebalanceerde ventilatie	zonder met	11,7	18,5	11,8	9,4	11,7	18,4	11,9	9,4	11,8	18,7	12,2	1,0	11,7	18,5	12,0	7,3
			7,4	10,2	6,6	3,4	6,8	8,7	5,6	2,0	6,1	7,2	4,9	1,1	6,8	8,7	5,7	2,1
flatwoning	mechanische afvoer	zonder met	58,5	66,7	47,9	19,3	61,0	68,9	49,8	9,6	49,1	61,7	41,0	22,4	57,4	66,6	47,1	20,2
			11,0	15,3	11,8	5,9	7,2	9,5	6,5	1,9	5,3	6,3	4,8	0,7	7,7	10,2	7,4	2,6
	gebalanceerde ventilatie	zonder met	15,2	24,6	16,1	12,1	15,2	24,4	16,1	12,0	15,9	25,2	16,3	11,8	15,4	24,7	16,2	12,0
			8,8	12,9	9,2	7,1	6,2	8,6	5,7	3,2	5,0	6,2	4,4	1,4	6,6	9,1	6,3	3,7

- \*) Bewoner 1 : werkende man/vrouw  
 Bewoner 2 : huisman/vrouw  
 Bewoner 3 : schoolgaand kind  
 Bewoner 4 : peuter

## Bijlage B: Concentratieverhogingen

bij omhoog gerichte inblaas en zonder luchttoevoer in de situatie met stenen tegelvloer, terwijl gelopen wordt door het stof.





## **Publikatiereeks DGVH / DOK rapporten**

Volg- Titel van het DOK-rapport  
nummer

- 90/1 Onderzoekprogramma Volkshuisvesting  
1990
- 90/2 Actualisering gewenste leegstand
- 90/3 Woningverbetering door beleggers
- 90/4 Overheids- en private investeringen bij  
stadsvernieuwing
- 90/5 Regionale profielen van de woonruimte-  
verdeling
- 90/6 Kavels en woningen in Nederland, II
- 90/7 Maten in het bouwbesluit
- 90/8 Tropisch hardhout
- 90/9 Schaven aan scheefheid
- 90/10 Woonwagenspreidingsbeleid oostelijk  
Zuid-Limburg
- 90/11 De kwaliteit van de woningen voor verbe-  
tering
- 90/12 Meermaals verbeterde complexen sociale  
huurwoningen
- 90/13 Kosten en baten van automatisering in de  
woningbouw
- 90/14 Ontwikkeling kavelprijzen 1982-1987

Verkrijgbaar bij: Ministerie van VROM  
Directie Voorlichting en Externe Betrekkingen  
Van Alkemadelaan 85  
2597 AL 's-Gravenhage

**Publikatie van:**

Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer  
Centrale Directie Voorlichting  
en Externe Betrekkingen  
Van Alkemadeaan 85  
2597 AC 's-Gravenhage

VROM 00336/9-90  
5882/107