

**Algemene verspreiding**

(Contract 041689)

**Onderzoek naar de invloed van het voorkomen  
van milieugevaarlijke stoffen in de buitenlucht  
op de kwaliteit van de binnenomgeving  
Deel 1: Kinderen**

**Nederlandstalige Samenvatting**

**E. Goelen, K. De Brouwere, G. Koppen, M. Spruyt, R. Torfs**

**Studie uitgevoerd in opdracht van het Departement Leefmilieu,  
Natuur en Energie**

**2007/MIM/R/024**

**VITO**

**januari 2007**

© 2007 VITO NV - Alle rechten voorbehouden

## INHOUDSTABEL

<b>1</b>	<b>INLEIDING.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>STRATEGIE .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Eerste doelstelling: meetgegevens verzamelen over de binnenhuisblootstelling aan een set van milieugevaarlijke stoffen.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Tweede doelstelling: bepaling van de bijdrage van buitenconcentraties tot de binnenhuisblootstelling.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Beleidsaanbevelingen.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>MILIEUGEVAARLIJKE STOFFEN.....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>METINGEN .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>INTERPRETATIE VAN DE MEETGEGEVENS .....</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>BLOOTSTELLING VAN KINDEREN AAN MILIEUGEVAARLIJKE STOFFEN .....</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>BELEIDSAANBEVELINGEN.....</b>	<b>26</b>
<b>7.1</b>	<b>Gebaseerd op huidig project.....</b>	<b>26</b>
<b>7.2</b>	<b>Pad naar de toekomst .....</b>	<b>27</b>

## LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Milieugevaarlijke stoffen: Overzicht van richtlijnen en belangrijkste gezondheidseffecten .....	12
Tabel 2: Verdeling Meetlocaties .....	13
Tabel 3: Typische dagelijkse blootstelling ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) van kinderen van verschillende leeftijdscategorieën aan de gemeten polluenten per locatietype .....	21
Tabel 4: Verdeling (5de ,50ste en 95ste percentiel) van de blootstelling voor kinderen in een stedelijke achtergrond locatie ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) op basis van Monte Carlo berekeningen.....	23
Tabel 5: Typische dagelijkse dosissen polluenten ( $\mu\text{g}/\text{dag}/\text{kg}$ lichaamsgewicht) voor kinderen van verschillende leeftijdscategorieën (per locatietype) .....	24

## LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Overzicht Meetlocaties .....	14
Figuur 2: Overzicht Meetopstelling .....	15
Figuur 3: Concentraties van 14 gassen in 50 Vlaamse woonkamers. Als referentie zijn de richt- en interventiewaardes van het Vlaams binnenmilieudecreet weergegeven. ...	16
Figuur 4: Overzichtsgrafiek Stedelijke Achtergrond (1) .....	17
Figuur 5: Overzichtsgrafiek Stedelijke Achtergrond (2) .....	18
Figuur 6: Gemiddeld tijds patroon voor kinderen in FLIES.....	20
Figuur 7: Typische verdeling van de totale dagelijkse blootstelling aan TVOS, benzeen, formaldehyde en toluen voor kinderen over het buitenmilieu, transport en binnenmilieu (voor kinderen 6-12 jaar in stedelijk centrum/druk verkeersgebied)..	22
Figuur 8: Typische dagelijkse dosissen ( $\mu\text{g}/\text{dag}/\text{kg}$ lichaamsgewicht) voor kinderen van verschillende leeftijdscategorieën (en per locatietype) voor benzeen, TVOS, formaldehyde en PM10.....	25

## LIJST VAN AFKORTINGEN

a	Luchtverversingssnelheid
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ALTER	Acceptable Long Term Exposure Range
ASTER	Acceptable Short Term Exposure Range
BS	Belgisch Staatsblad
$C_{\text{binnen, (x)}}$	Concentratie (van stof x) in binnenlucht
$C_{\text{binnenbronnen, (x)}}$	Concentratie (van stof x) in binnenlucht toe te schrijven aan binnenbronnen
$C_{\text{buiten, (x)}}$	Concentratie (van stof x) in buitenlucht
EC	Europese Commissie
$F_{\text{INF (MTBE)}}$	(MBTE gebaseerde) Infiltratiefactor
FLIES	Flanders Indoor Exposure Survey
HS	Hot Spot (stedelijk centrum/druk verkeer)
ISO	International Standardisation Organisation
k	Depositie, verwijderings- of sorptiesnelheid
MTBE	Methyl Tert-Butyl Ether
OSHA	Occupational Safety & Health Administration (U.S. Department of Labour)
P	Penetratiefactor
PEL	Permitted Occupational Exposure Limits
PM	Particulate Matter (fijn stof)
RB	Rural Background (landelijke achtergrond)
TLV	Occupational Threshold Limit Value
TSP	Total Suspended Particulates
(T)VOS	(Totaal) Vluchtige Organische Stoffen
UB	Urban Background (stedelijke achtergrond)
UV	UltraViolet
WGO	Wereld Gezondheids Organisatie
WP	Werkpakket

# 1 INLEIDING

Het is de ambitie van de Vlaamse Overheid om in de context van de Milieu- en Gezondheidsproblematiek een beleid te voeren waarbij alle onderwerpen van deze problematiek aan bod komen. Dit omvat ook de ontwikkeling van een beleid, en het verzamelen van de nodige wetenschappelijk informatie, om de blootstelling van de bevolking specifiek voor binnenmilieus in kaart te brengen; en vervolgens deze blootstelling te verminderen.

In een eerste studie met als titel: “Uitwerken van een Vlaams beleid rond binnenhuismilieu” (Goelen et al, 2003) was één van de onderwerpen voorgesteld voor verder onderzoek het nagaan van het belang van de blootstelling aan binnenhuispolluenten in Vlaanderen en effectief gegevens te verzamelen over binnenluchtconcentraties, infiltratie van pollutie van buiten naar binnen en daaraan verbonden de blootstelling van de bevolking in diverse micro-omgevingen.

In deze context is het belangrijkste doel van deze studie, dewelke beknopt is samengevat in dit eindrapport:

“voor gevoelige groepen van de bevolking de blootstelling in binnenmilieus bepalen veroorzaakt door milieugevaarlijke stoffen (polluenten) die voorkomen in buiten- en binnenlucht”

Uit deze doelstelling volgen de onderzoeksonderwerpen met name:

- het in kaart brengen van de binnenmilieublootstelling voor een set prioritaire polluenten;
- de fractie van deze polluenten bepalen die infiltreert van buiten naar binnen.

De studie is voor praktische uitvoering opgedeeld in drie fasen of werkpakketten:

- werkpakket 1 omvat het vastleggen van de relevante subgroepen van de bevolking (0-18 jaar), de keuze van binnenmilieus evenals de te selecteren polluenten, meetmethoden en meetlocaties. Het rapport van WP1 werd voorgelegd aan drie internationale experts die hierover hun akkoord gaven zodat met zekerheid kan gesteld worden dat ook op internationaal vlak leemten in onderzoek en beleid worden aangevuld.
- de effectieve metingen, het veldwerk en alle meetresultaten zijn vervat in werkpakket 2.
- werkpakket 3 omvat de interpretatie van de meetresultaten met betrekking tot binnenluchtconcentraties, infiltratie van pollutie van buiten naar binnen en blootstelling van de bevolking in diverse micro-omgevingen. Verder zijn hierin ook de beleidsaanbevelingen opgenomen.

De looptijd van het project bedraagt 24 maanden met als einddatum 15 januari 2007. De externe communicatie van het volledige project is uitgevoerd via :

- een studiedag (Mol, 12 januari 2007);
- een website : <http://www.vito.be/flies> (website blijft beschikbaar).

Als acroniem voor het project werd FLIES gekozen: “Flanders Indoor Exposure Survey”

Op de project-website is alle informatie over het project vervat. Er is een introductie in de problematiek opgenomen en verder zijn de Engelstalige rapporten van elk werkpakket (WP1, 2 en 3) integraal beschikbaar:

- M. Spruyt, E. Brits, G. Koppen, R. Torfs en E. Goelen (2005). *The Influence of Contaminants in Ambient Air on the Indoor Air Quality Part 1: Exposure of Children - Report of Work Package 1: Outline of the Study*. VITO: Mol
- M. Spruyt, R. Bormans, L. Desmet, F. Geyskens, D. Poelmans, B. Van Hasselt, L. Verbeke en E. Goelen (2006). *The Influence of Contaminants in Ambient Air on the Indoor Air Quality Part 1: Exposure of Children - Report of Work Package 2: Fieldwork and Measurements*. VITO: Mol
- K. De Brouwere, C. Cornelis, E. Goelen, G. Koppen, M. Spruyt en R. Torfs (2006) *The Influence of Contaminants in Ambient Air on the Indoor Air Quality Part 1: Exposure of Children - Report of Work Package 3: Interpretation and Policy Recommendations*. VITO: Mol

In deze drie rapporten zijn ook de bronverwijzingen en de volledige verzamelde meetgegevens opgenomen.

Ook de presentaties van de sprekers op de studiedag, evenals de Nederlandstalige beknopte samenvatting (eindrapport) van FLIES, zijn beschikbaar op de website. Bijkomende uitgebreide informatie over de onderwerpen in dit rapport beknopt samengevat, is te vinden in de rapporten van elk werkpakket.

## **2 STRATEGIE**

### **2.1 Eerste doelstelling: meetgegevens verzamelen over de binnenhuisblootstelling aan een set van milieugevaarlijke stoffen**

Om de binnenhuisblootstelling te bepalen wordt voornamelijk gebruik gemaakt van reële binnenluchtmetingen, in plaatsen waar personen of subgroepen een groot deel van hun tijd doorbrengen. De blootstelling wordt berekend op basis van de concentratie gemeten in een micro-omgeving en de tijd dat personen hier doorbrengen. Onder de term micro-omgeving worden omgevingen bedoeld die voldoende homogeen zijn, of waarvan de concentraties goed gekend zijn (bv. woning, werkplaats, keuken, etc.). De term micro-omgeving wordt veel gebruikt voor blootstelling via ademhaling.

Een alternatieve strategie zou zijn om alle proefpersonen met een persoonlijke dosimeter te bemonsteren. Door de aard van de proefpersonen, namelijk kinderen van 0-18 jaar, werd deze strategie niet uitvoerbaar geacht.

De groep kinderen zal over subgroepen verdeeld worden met gelijkaardige blootstellingspatronen. De micro-omgevingen die weerhouden zijn, zijn in hoofdzaak deze uit ISO 16000-1: woningen, werkruimten in gebouwen die niet onder gezondheids- of veiligheidswetten vallen, publieke gebouwen en voertuigcabines.

De bekomen meetgegevens zullen voor Vlaanderen representatieve informatie leveren, aangaande:

- De totale blootstelling van individuele personen en subgroepen;
- De binnenhuisblootstelling van individuele personen en subgroepen als totale binnenhuisblootstelling, binnenblootstelling in huizen en totale binnenblootstelling in micro-omgevingen, andere dan huizen.

### **2.2 Tweede doelstelling: bepaling van de bijdrage van buitenconcentraties tot de binnenhuisblootstelling**

Om bijkomend het effect van pollutanten in de omgevingslucht op de binnenhuisluchtkwaliteit te bepalen, moet de buitenhuisblootstelling en de infiltratie van omgevingspolluenten in de binnenhuislucht gekend zijn. Hiervoor zijn waar mogelijk parallel met de binnenluchtmetingen ook omgevingsluchtmetingen uitgevoerd. De omgevingsluchtmetingen zijn uitgevoerd in de onmiddellijke omgeving van de micro-omgeving waarvan de binnenlucht bemonsterd wordt, met een minimum afstand van 1 meter om interferenties te vermijden (ISO-16000). Met behulp van de concentraties van één pollutant waarvan enkel buitenluchtbronnen gekend zijn, kan dan de bijdrage van de buitenconcentraties op de binnenhuisblootstelling bepaald worden.

Om deze doelstellingen te kunnen bereiken, zijn niet alleen metingen van concentraties nodig, maar ook vragenlijsten. De vragenlijsten bevatten vragen naar de eigenschappen van de micro-omgeving en de typische dagelijkse binnenhuisactiviteiten. De resultaten van deze vragenlijsten zullen ook gebruikt worden voor de gegevensverwerking.

Hieruit kan berekend worden:

- De bijdrage van de buitenluchtconcentraties tot de binnenhuisblootstelling;
- De binnenluchtblootstelling in verhouding tot de buitenluchtblootstelling;
- De gemiddelde blootstelling van bepaalde subgroepen in functie van de bevroegde parameters.

## **2.3 Beleidsaanbevelingen**

De bekomen resultaten zullen niet enkel gebruikt worden om conclusies te trekken uit de vastgestelde concentraties, maar ook om aanbevelingen te doen aan de betrokken beleidsmakers om eventuele beleidsacties te ondernemen op het vlak van :

- Buitenlucht
- Binnenlucht
- Blootstelling van de populatie

### 3 MILIEUGEVAARLIJKE STOFFEN

Bij de selectie van prioritaire pollutanten moest rekening worden gehouden met de randvoorwaarden van deze studie d.i. het bepalen van de binnenblootstelling waarbij het aspect binnen- en buitenluchtkwaliteit aan bod komt. De binnenmilieukwaliteit is deels het gevolg van de buitenluchtkwaliteit gezien het effect van infiltratie en ventilatie naar het binnenmilieu toe. Bij de keuze van pollutanten moet er daarom rekening gehouden worden met algemene buitenbronnen en binnenbronnen. Buitenbronnen die algemeen aanwezig zijn betreffen pollutie vanuit de transportsector (verkeer), huishoudelijke en gebouwenverwarming, alsook bepaalde frequent aanwezige industriële activiteiten (typisch de niet-specifieke chemische sector).

De selectie van prioritaire stoffen is gebeurd op basis van een tabel, waarin de noodzakelijke gegevens voor selectie zijn opgenomen. De basislijst van stoffen werd opgebouwd rekening houdend met volgende criteria:

- stoffen met potentieel een bron in het buitenmilieu en in het binnenmilieu; stoffen die exclusief in het binnenmilieu voorkomen of ontstaan worden niet meegenomen. Stoffen die exclusief in het buitenmilieu ontstaan kunnen wel vervat worden;
- de stoffen die als belangrijk te beschouwen zijn vanuit het gezondheidsoogpunt;
- de onderlinge overeenkomsten in de fysische/chemische eigenschappen van de stoffen.

De basislijst is gebaseerd op bestaande gegevens. Bij deze verdere selectie van de te meten pollutanten uit de basislijst werd ook rekening gehouden met pollutanten geïdentificeerd in andere nationale en internationale studies, wetgeving en internationale normen. Concreet is ten gevolge van deze voorbeelden ozon bijvoorbeeld niet opgenomen, omdat in het winterseizoen er weinig buitenbronnen van zijn en binnenhuis slechts weinig en specifieke bronnen van ozon aanwezig zijn. Ook is de keuze gemaakt om van de stoffen gevormd in verbrandingsreacties enkel stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) te meten en koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) bijvoorbeeld niet omdat dit dan mogelijks te weinig toegevoegde waarde zou leveren.

Bij de verdere selectie van de vluchtige organische stoffen werd voornamelijk rekening gehouden met de bepalingen van het Vlaamse binnenmilieubesluit (BS 19.10.2004) en het Europese Index-project.

Het binnenmilieubesluit is in Vlaanderen het wettelijk kader voor de bestrijding van gezondheidsrisico's door verontreiniging van het binnenmilieu. Milieugevaarlijke stoffen opgenomen in het binnenmilieubesluit zoals acetaldehyde, formaldehyde, benzeen, stikstofdioxide, tetrachloroetheen, toluen, trichloroetheen, VOS (totaal) (vluchtige organische stoffen) en fijn stof fracties werden ook opgenomen in deze studie.

Het Index-project (*Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU*), gefinancierd door EU DG Gezondheid en Consumenten Bescherming, had als eerste doelstelling een lijst met prioritaire chemische milieugevaarlijke stoffen vast te leggen die beoordeeld moeten worden in het binnenmilieu. Voor de uiteindelijke selectie van de vluchtige organische stoffen werd dan ook zoveel mogelijk rekening gehouden met de besluiten uit dit Europees project.

De finaal geselecteerde milieugevaarlijke stoffen zijn opgelijst in Tabel 1.

Tabel 1: Milieugevaarlijke stoffen: Overzicht van richtlijnen en belangrijkste gezondheidseffecten

Gevaarlijke Stof	Effecten op de Gezondheid		Carcinogene Klasse <sup>(b)</sup>	Richtwaarde <sup>(c)</sup> (bron)	Tijd
	Acuut	Chronisch			
Fijn Stof (PM <sub>x</sub> )	Ademhalings- en Cardiovasculaire aandoeningen	Cardiopulmonale aandoeningen/ Bronchopulmonale kanker	-	PM2.5 ALTER: 40 µg/m <sup>3</sup> (Canada) PM2.5 ASTER: 100 µg/m <sup>3</sup> (Canada) PM2.5: 15 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit) PM10: 40 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit)	1 uur (ASTER)
Stikstofdioxide (NO <sub>2</sub> )	Longfunctioneren	20 % Verhoging van risico op ademhalingsaandoeningen in de kindertijd voor een verhoging van 30 µg/m <sup>3</sup> van de NO <sub>2</sub> concentratie	-	135 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit) 200 µg/m <sup>3</sup> (WGO)	1 uur
VOS (totaal)	Geen specifieke gezondheidseffecten, maar kan gebruikt worden als indicator			200 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit)	
Benzeen	Neurotoxisch/ Immunotoxisch	Leukemie	1	2 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit) 5 µg/m <sup>3</sup> (EC) 4 × 10 <sup>-6(a)</sup>	1 jaar
Tolueen	Neurotoxisch	Neurotoxisch	3	0,26 mg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit & WGO)	1 week (WGO)
Ethylbenzeen	-	In voorbereiding	-	22 mg/m <sup>3</sup> (WGO)	1 jaar
Xylenen	Neurotoxisch	Neurotoxisch	3	0,87 mg/m <sup>3</sup> (WGO)	1 jaar
1,2,4-Trimethylbenzeen	Irriterend, Hoofdpijn	Neurotoxisch , Asthmatisch Bronchitis, Anemie	-	PEL 120 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)	8 uur
Styreen	Neurotoxisch	Neurotoxisch/longkanker	2B	0,26 mg/m <sup>3</sup> (WGO)	1 week
p-dichlorobenzeen	Ademhalingsaandoeningen	Nieraandoeningen	-	134 µg/m <sup>3</sup> (WGO)	1 jaar
Trichloroetheen	Neurotoxisch	Aandoeningen aan Lever / Nier / Endocriene Systemen / Immunititeit; Teelbal-, Lymfe- en slokdarmkanker	2A	200 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit) 5 mg/m <sup>3</sup> (WGO) 4,3 × 10 <sup>-7(a)</sup>	Lange termijn
Tetrachloroetheen	Nieraandoeningen	Neurotoxisch/Kanker	2A	100 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit) 0,26 mg/m <sup>3</sup> (WGO)	1 jaar
MTBE	Neurotoxisch/Irriterend/ Ademhalingsaandoeningen	Leveraandoeningen	-	TLV 180 mg/m <sup>3</sup> (ACGIH)	8 uur
Formaldehyde	Ademhalingsaandoeningen	Neus- en farynx kanker	1	10 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit) 0,1 mg/m <sup>3</sup> (WGO)	30 minuten
Acetaldehyde	Ademhalingsaandoeningen	Neus- en strottenhoofd kanker	2B	4600 µg/m <sup>3</sup> (Binnenmilieubesluit) 50 µg/m <sup>3</sup> (WGO) (1,5-9) × 10 <sup>-7(a)</sup>	1 jaar
(a) Levenslang Kanker Ricico per verhoging van concentraties met 1 µg/m <sup>3</sup>					
(b) IARC Carcinogene Klasse					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Klasse 1: bewezen carcinogeen voor de mens;</li> <li>- Klasse 2A: Vermoedelijk Carcinogeen voor de mens;</li> <li>- Klasse 2B: Vermoed Carcinogeen voor de mens;</li> <li>- Klasse 3: Geen bewijs voor carcinogeniteit voor de mens.</li> </ul>					
© Binnenmilieubesluit (BS 19.10.2004) , ALTER: Acceptable Long Term Exposure Range (levenslang); ASTER: Acceptable Short Term Exposure Range (tijd wordt gespecificeerd); PEL: Permitted Occupational Exposure Limits; TLV: Occupational Threshold Limit Value; EC: European Commissie; WGO: Wereld GezondheidsOrganisatie; OSHA: Occupational Safety & Health Administration (U.S. Department of Labour); ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)					

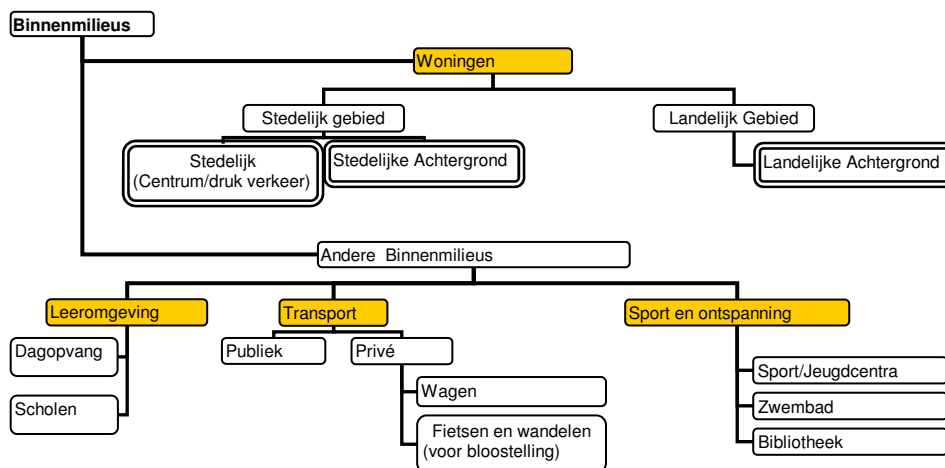
## 4 METINGEN

Het doel van de studie was om te onderzoeken wat het aandeel is van milieugevaarlijke stoffen in de buitenlucht op de blootstelling binnenhuis van kinderen. Om dit zo goed mogelijk te kunnen beoordelen zijn volgende gegevens nodig:

- Tijdspatronen van kinderen;
- Concentraties van milieugevaarlijke stoffen in omgevingslucht;
- Concentraties van milieugevaarlijke stoffen in binnenhuislucht.

De tijdspatronen van kinderen zijn nodig om te weten in welk type binnenmilieus (thuis, school, lokaal van de jeugdbeweging, ...) zij hun tijd doorbrengen en ook wat het relatief belang is van elk type. Op basis van in de literatuur beschikbare gegevens werd de meetcampagne uitgetekend. De tijdspatronen die in de huidige FLIES-studie bekomen werden, zijn na de meetcampagne gebruikt om de totale blootstelling van kinderen aan milieugevaarlijke stoffen te berekenen en is verder toegelicht in hoofdstuk 6 van dit rapport.

Er werd beslist om vier hoofdcategorieën van binnenmilieus te weerhouden, namelijk woningen, leeromgeving, transport en ontspanning (schema hieronder).

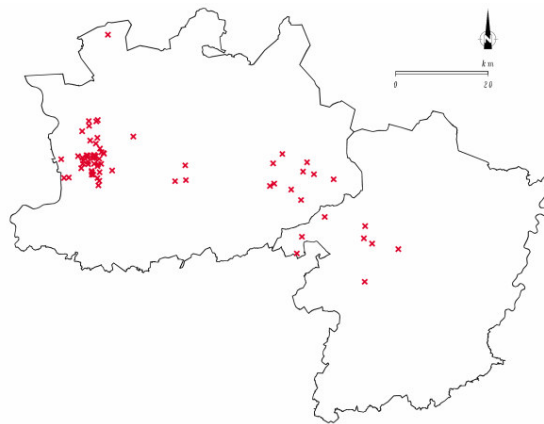


Gebaseerd op in de literatuur beschikbare gegevens werden de metingen zo representatief mogelijk over deze categorieën verdeeld, waarbij het zwaartepunt kwam te liggen op metingen in en rond woningen, aangezien kinderen daar het merendeel van de tijd doorbrengen. Vermits ongeveer 75 % van de Vlamingen in een omgeving woont die gedefinieerd kan worden als stedelijk gebied werden uit die subcategorie het meeste woningen geselecteerd.

Tabel 2: Verdeling Meetlocaties

Categorie van de meetlocatie		Aantal meetlocaties	Aantal Meetpunten
Woning	Stedelijk (centrum en druk verkeer)	12	40
	Stedelijke Achtergrond	26	84
	Landelijke Achtergrond	12	36
	<i>Totaal</i>	<i>50</i>	<i>160</i>
Leeromgeving		7	14
Transport		9	9
Sport en Ontspanning		7	7
<b>Totaal</b>		<b>73</b>	<b>190</b>

Omwille van praktische redenen is getracht de stedelijke metingen zoveel mogelijk uit te voeren in één agglomeratie. Voor dit project is de Antwerpse agglomeratie gekozen. Voor de landelijke metingen zijn vrijwilligers gezocht onder de medewerkers van VITO waardoor deze locaties verspreid zijn over de provincies Antwerpen en Limburg



*Figuur 1: Overzicht Meetlocaties*

Het onderscheid stedelijk (centrum/druk verkeer), stedelijke achtergrond en landelijk achtergrond werd gemaakt op basis van het aantal auto's dat aan de huizen passeerde. Minder dan 500 wagens per dag is beschouwd als stedelijke achtergrond, meer dan 15.000 wagens per dag is beschouwd als stedelijk, centrum/druk verkeer. Minder dan 50 auto's per dag is beschouwd als landelijk achtergrond omgeving.

De transportmetingen zijn in Antwerpen uitgevoerd door vrijwilligers van De Lijn en de Antwerpse lokale politie.

Voor de andere meetlocaties zijn vrijwilligers gezocht via verschillende oproepen. Uiteindelijk zijn na vier maanden zoeken 102 kandidaten gevonden die voldeden aan de basisvoorwaarden, met name de afwezigheid van specifieke bronnen zoals roken, verbouwingen of open haard. Bovendien werden enkel gezinnen met kinderen jonger dan 18 jaar geselecteerd.

Op basis van de vooropgestelde verhoudingen tussen de verschillende categorieën zijn hiervan uiteindelijk 73 vrijwilligers geselecteerd. In de woningen werden stalen genomen in de slaapkamer en in woonkamer. Ook werden stalen genomen aan de voordeur en aan de achterdeur. Van deze vier plaatsen werden er overal drie bemonsterd, afhankelijk van de omgeving waarin de woning gelegen is.

Voor staalname binnen in woningen zijn normen beschikbaar van ISO (International Standardisation Organisation). Deze normen van de ISO 16000 reeks zijn ook gevolgd bij het opstellen van de meetcampagne. Hierin staat ondermeer beschreven wat de minimale afstand is van de dosimeters ten opzichte van vloer en muren. Om aan deze vereisten te voldoen werd een speciale staander ontwikkeld (Figuur 2).



*Figuur 2: Overzicht Meetopstelling*

Ook voor de metingen die buiten aan de voor- en achterdeur zijn uitgevoerd staat de plaatsing van de dosimeters beschreven in deze normen.

Alles samen werden er in de winter van 2006, 641 stalen genomen voor de meetcampagne en dit resulteerde in een globale verzameling van 3229 individuele meetresultaten. De metingen werden waar mogelijk uitgevoerd met passieve staalname om de hinder voor de vrijwilligers te beperken. Het merendeel van de metingen is uitgevoerd in de twee laatste weken van januari, en de eerste week van februari.

Voor de metingen van vluchtige organische stoffen werd gebruik gemaakt van een dosimeter van het merk radiello, de analyses werden in het laboratorium uitgevoerd met een gaschromatograaf waaraan een massaspectrometer gekoppeld is. De aldehyden zijn gemeten met een dosimeter van het merk SKC en geanalyseerd in het laboratorium met een vloeistofchromatograaf waaraan een UV detector gekoppeld is.

Fijn stof is gemeten met online en offline instrumenten. Voor PM10 bemonstering is gebruik gemaakt van Buck pompen en de Aeromini. Het fijn stof gehalte op de filters werd gravimetrisch bepaald. Voor de bepaling van de verschillende stoffracties werd gebruik gemaakt van een Grimm monitor. Deze monitor kan de fracties PM1, PM2.5, PM10 en TSP op spectrometrische basis bepalen.

Stikstofdioxide wordt bepaald met behulp van een passieve dosimeter van IVL. Dit is een chemisorptie methode. De dosimeters worden na bemonstering teruggestuurd naar de producent voor analyse.

## 5 INTERPRETATIE VAN DE MEETGEGEVENS

In een waaier van binnen- en buitenomgevingen (huizen, scholen, transport, ontspanning) werden tussen 16/01/2006 en 09/02/2006 gedurende 7 dagen concentraties fijn stof (PM) en 14 gassen gemeten (MTBE, benzeen, trichloroetheen, toluen, tetrachloroetheen, ethylbenzeen, m+p-xyleen, o-xyleen, 1,2,4-trimethylbenzeen, p-dichlorobenzeen, NO<sub>2</sub>, formaldehyde en acetaldehyde). Van deze gassen werden de hoogste concentraties gemeten voor formaldehyde (maximum 124 µg/m<sup>3</sup>), acetaldehyde (maximum 65 µg/m<sup>3</sup>), NO<sub>2</sub> (122 µg/m<sup>3</sup>) en toluen (122 µg/m<sup>3</sup>). Deze maximale waarden werden telkens in een binnenshuis omgeving (woonkamer of slaapkamer) geregistreerd.

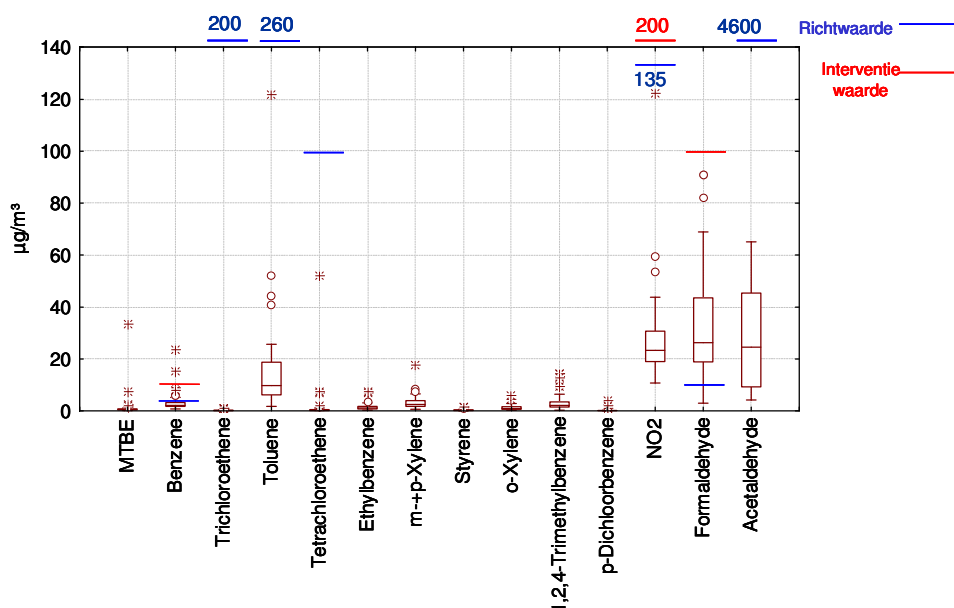
Er werden grote variaties in concentraties tussen woningen onderling waargenomen (n=50), zowel voor binnen (woonkamer/slaapkamer) als voor de buitenomgevingen (voordeur/achterdeur).

Dit was meer specifiek het geval voor formaldehyde en toluen, waarvoor concentraties tussen slaapkamers in verschillende huizen varieerden met een factor 50. Deze concentraties en variaties hierop kunnen te wijten zijn aan o.m. bouwmaterialen.

Ter illustratie zijn de concentraties en concentratiespreidingen van 14 gassen in de 50 woonkamers van deze studie weergegeven in Figuur 3.

De Vlaamse richtwaarden voor benzeen, formaldehyde en TVOS (totaal vluchtige organische stoffen) in het binnenmilieu werden frequent tot heel frequent overschreden. Concentraties TVOS's zijn niet weergegeven in Figuur 3 omwille van andere schaal op de y-as. De richtwaarde voor TVOS's werd overschreden in meer dan 95 % van alle binnenmilieus.

Naast overschrijdingen van richtwaarden voor het binnenmilieu, werd ook in een aantal gevallen de interventiewaarde overschreden voor benzeen (in 2 woonkamers en 1 slaapkamer) of formaldehyde (1 slaapkamer).

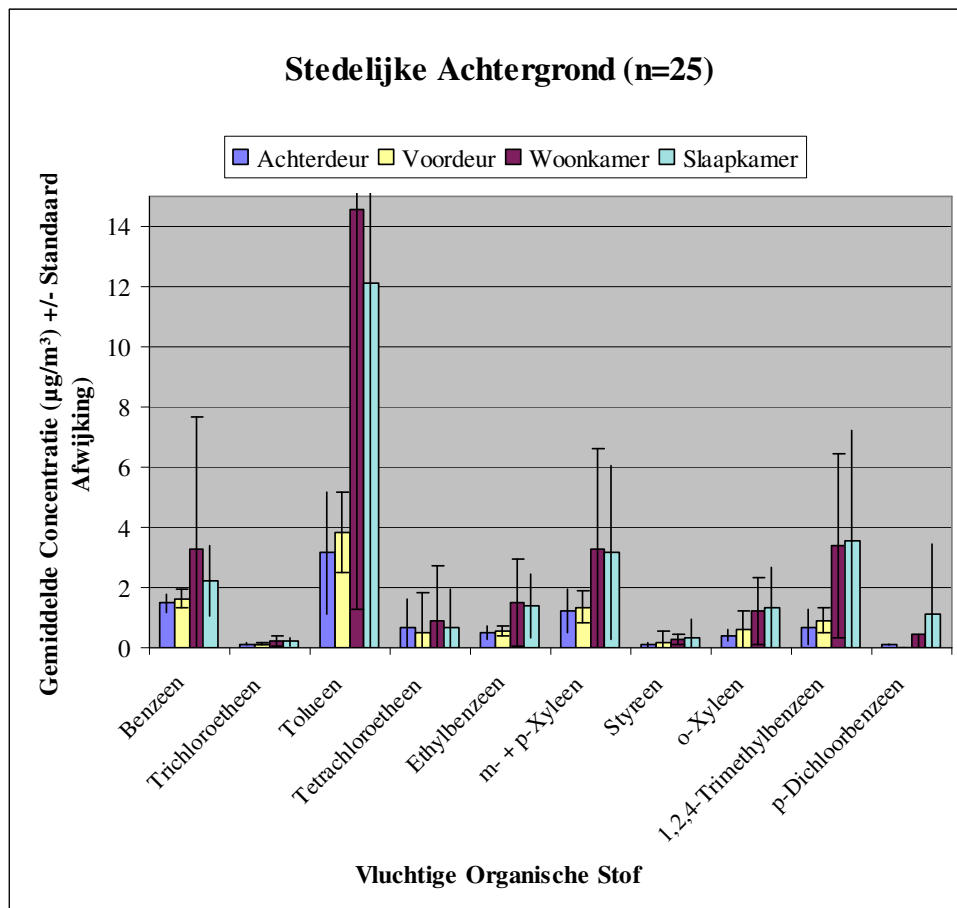


Figuur 3: Concentraties van 14 gassen in 50 Vlaamse woonkamers. Als referentie zijn de richt- en interventiewaarden van het Vlaams binnenmilieudecreet weergegeven

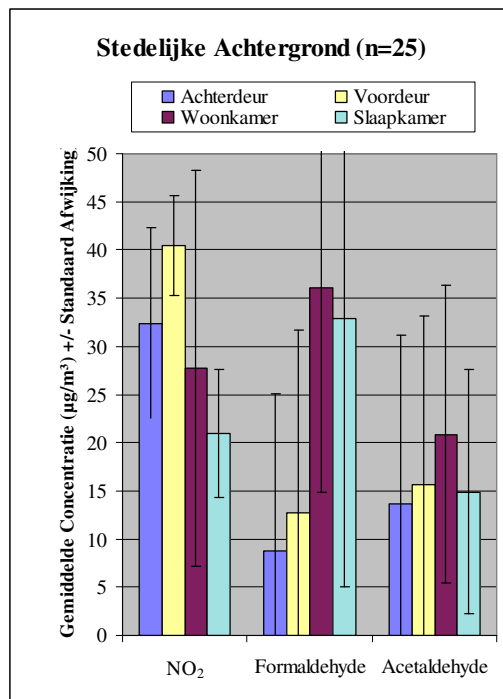
De binnenmilieuconcentraties lagen voor alle gassen, uitgezonderd voor NO<sub>2</sub>, in de meeste woningen, hoger dan de buitenomgeving concentraties. Voor de meeste gassen lagen mediane binnen/buiten verhoudingen rond 2-3. Voor sommige woningen werden tot 40-voudig hogere concentraties toluen, styreen, of 1,2,4-trimethylbenzeen gemeten binnenshuis dan buitenshuis.

De invloed van verkeersdrukke in de nabijheid van de woningen was merkbaar voor concentraties in buitenmilieu, en dit voornamelijk voor een aantal verkeersgerelateerde componenten zoals MTBE, NO<sub>2</sub> en toluen. Buitenmilieu concentraties van andere gassen (formaldehyde, styreen, ...) waren niet verhoogd in stedelijke centrum/druk verkeersgebieden vergeleken met stedelijke of landelijke achtergrondgebieden. De invloed van verkeersdrukke op binnenmilieuconcentraties was zwakker dan de invloed op buitenmilieuconcentraties.

Ter illustratie van de binnen–buiten relatie tussen gasvormige pollutanten zijn hieronder gemiddelde concentraties in woonkamers, slaapkamers en aan voor- en achterdeuren in stedelijke achtergrond gebieden weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5.



Figuur 4: Overzichtsgrafiek Stedelijke Achtergrond (1)



*Figuur 5: Overzichtsgrafiek Stedelijke Achtergrond (2)*

Naast metingen in woningen, werden, weliswaar in een beperktere staalnamecampagne, ook metingen uitgevoerd in een aantal andere leefomgevingen van kinderen, namelijk in kinderdagverblijven, scholen, ontspanningsruimtes (zwembad, jeugdhuis, bibliotheek) en verkeer. Bij verkeer werd een onderscheid gemaakt tussen binnenomgevingen van gemotoriseerd verkeer (wagen en openbaar vervoer) en typische buitenlucht transportwijzen (wandelen en fietsen).

In het binnenmilieu van scholen waren de mediane concentraties van de 14 gemeten gassen kleiner dan of gelijk aan deze van het binnenmilieu van woningen.

In gemotoriseerd transport binnenmilieus lagen de mediane concentraties TVOS, MTBE en NO<sub>2</sub> 3 keer hoger dan in woningen; mediane toluen en xyleen concentraties lagen 1.5 keer hoger dan in woningen. Er werden voor de andere gassen geen verschillen in mediane concentraties gevonden tussen het binnenmilieu van woningen en het binnenmilieu van auto's en bussen/trams.

In buitenmilieu transport (wandelen en fietsen) werden verhoogde concentraties TVOS, MTBE, NO<sub>2</sub> en acetaldehydes gemeten ten opzichte van concentraties in binnenmilieus van woningen. In binnen ontspanningsomgevingen werden concentraties gemeten die gelijkwaardig waren als in huizen. Eén uitzondering hierop was de verhoogde concentraties toluen en xyleen in een jeugdhuis. Roken ligt waarschijnlijk aan de oorzaak van deze verhoogde concentraties.

Op basis van de vragenlijsten die peilden naar het woningprofiel (type bebouwing, ouderdom en grootte van de woning, isolatie en ventilatie-eigenschappen), binnenhuiskenmerken (verwarming, meubilair, vloer-, muurbekleding) en binnenhuisactiviteiten (roken, gebruik van lijmen, onderhoudsproducten, ...) werd met behulp van statistische analyses (Statistica v7) getracht verbanden te vinden tussen deze factoren en binnenhuisconcentraties.

Alhoewel men in de studie heeft getracht om specifieke binnenhuisbronnen zoals roken en open haarden uit te sluiten, zijn er hier en daar toch huizen met dergelijke bronnen in de studie opgenomen.

Roken bleek significant bij te dragen tot verhoogde concentraties PM en toluen; licht verhoogde concentraties TVOS en xyleen werden gevonden in woningen met kachels in vergelijking met woningen zonder kachels als verwarmingswijze. Gebruik van lijm en beitsmiddelen kon verhoogde TVOS concentraties in een aantal woningen verklaren.

Er werd echter voor de meerderheid van gassen, zelfs voor gassen met een vermoedelijke sterke bijdrage van binnenbronnen tot de binnenmilieu concentraties, geen bron-concentratie relaties gevonden op basis van de statistische analyse.

Het vermoeden van een sterke invloed van binnenbronnen op binnenmilieu concentraties werd indirect afgeleid door de infiltratie van buiten naar binnen te schatten aan de hand van de infiltratie van MTBE. Immers, de totale binnenhuisconcentratie kan opgesplitst worden in een binnenbron en een buiten naar binnen infiltratieterm:

$$C_{binnen} = \frac{Pa}{a+k} C_{buiten} + C_{binnenbronnen} \quad \text{Vergelijking 1}$$

met P: penetratiefactor; a: luchtverversingsnelheid en k: depositie, verwijderings- of sorptiesnelheid.

De infiltratiefactor factor ( $F_{INF}$ ) kan worden afgeleid in van afwezigheid van binnenbronnen. De laatste term ( $C_{binnenbronnen}$ ) valt dan immers weg, en onder deze voorwaarden kan  $F_{INF}$  als volgt afgeleid worden:

$$F_{INF} = \frac{C_{binnen}}{C_{buiten}} = \frac{Pa}{a+k} \quad \text{Vergelijking 2}$$

In deze studie werd MTBE gekozen als tracer om de buiten naar binnen infiltratie te bepalen. Op basis van deze dataset werd een infiltratiefactor van 0.86 (95 % C.I.: 0.59-1.13) bekomen.

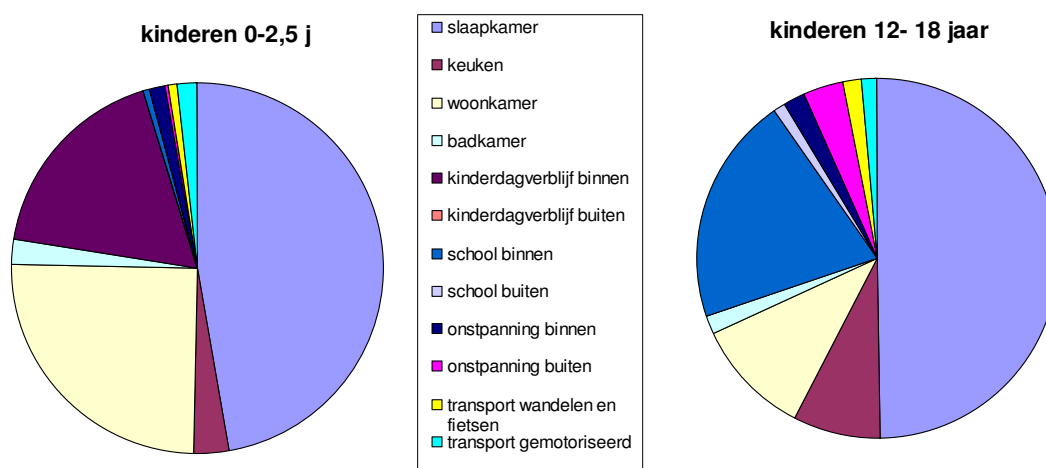
Onder de aanname van gelijkaardige infiltratiefactor van MTBE en andere gassen, kan voor andere gassen de binnen-en buitenbronnen bijdrage tot binnenmilieu concentraties gescheiden worden van elkaar:

$$C_{binnenbron, x} = C_{binnen\ totaal\ x} - F_{INF, MTBE} \times C_{buiten, x} \quad \text{Vergelijking 3}$$

Het relatief aandeel van binnenbronnen tot totale binnenmilieu concentraties varieerde van 85 % voor formaldehyde tot  $\pm 30$  % voor tetrachloroetheen, trichloroetheen en benzeen. M.a.w. de invloed van infiltratie van buitenbronnen tot binnenmilieu varieerde van minimaal voor formaldehyde (15 %) tot dominant voor o.a. benzeen. De MTBE infiltratiemethode was niet bruikbaar om de buiten naar binnen infiltratie van  $NO_2$  en PM in te schatten.

## 6 BLOOTSTELLING VAN KINDEREN AAN MILIEUGEVAARLIJKE STOFFEN

De blootstelling van kinderen is in deze studie bepaald op basis van de concentraties in verschillende micro-omgevingen en de tijd die kinderen er per dag verblijven. Het tijds patroon van kinderen van verschillende leeftijdscategorieën is met behulp van een dagboek genoteerd tijdens de meetcampagne. Tijdbestedingspatronen werden opgesteld voor 4 leeftijdscategorieën, nl. 0-2,5 jaar, 2,5-6 jaar, 6-12 jaar en 12-18 jaar. Tijdsbestedingspatroon voor de jongste en oudste categorie is geïllustreerd in Figuur 6.



*Figuur 6: Gemiddeld tijds patroon voor kinderen in FLIES*

Kinderen spenderen de helft van hun tijd op hun slaapkamer. De andere belangrijkste omgevingen voor hun tijdsbesteding zijn de woonkamer, kinderdagverblijf en school. Het is opvallend dat in het koude seizoen, waarin de metingen gebeurd zijn, de belangrijkste buitenactiviteit van kinderen de speeltijd op school is en ontspanningsactiviteiten buiten voor grotere kinderen. Thuis wordt amper buiten gespeeld. Deze vaststellingen komen overeen met eerdere statistieken van het Nationaal Instituut voor de Statistiek. De tijds patronen komen ook overeen met soortgelijke bevragingen in België (voor de oudste leeftijdscategorie), in Nederland en de Verenigde Staten. Uitzondering is de tijd buiten, die in FLIES veel korter is. Dit is het gevolg van het feit dat de bevraging in het koude seizoen plaatsvond.

We beschikken in FLIES over een uitgebreide databank van concentraties in verschillende micro-omgevingen. De mediaan concentraties, gecombineerd met het gemiddelde tijds patroon van kinderen, geeft als resultaat een typische dagelijkse blootstelling. Deze blootstelling is samengevat in Tabel 3, waar de blootstelling gegroepeerd is per locatie (stedelijk centrum/druk verkeer (HS), stedelijke achtergrond (UB) en landelijk achtergrond gebied (RB)).

Tabel 3: Typische dagelijkse blootstelling ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) van kinderen van verschillende leeftijdscategorieën aan de gemeten pollutanten per locatietype

locatie	leeftijd	MTBE	Benzeen	Trichloro -etheen	Tolueen	Tetrachloro - etheen	Ethylbenzeen	m-+p- xyleen	Styreen
HS	0-2,5	0,62	2,40	0,23	6,93	0,38	0,91	2,07	0,10
HS	2,5-6	0,65	2,55	0,17	6,74	0,48	0,92	2,35	0,10
HS	6-12	0,68	2,51	0,16	6,48	0,47	0,92	2,34	0,09
HS	12-18	0,71	2,68	0,16	6,96	0,52	1,00	2,55	0,10
RB	0-2,5	0,55	2,01	0,22	7,52	0,25	1,31	2,89	0,69 <sup>a</sup>
RB	2,5-6	0,52	2,04	0,17	7,02	0,30	1,37	3,20	0,15
RB	6-12	0,54	2,06	0,17	6,98	0,32	1,39	3,29	0,14
RB	12-18	0,54	2,05	0,16	6,70	0,28	1,34	3,03	0,14
UB	0-2,5	0,65	2,05	0,16	7,08	0,25	0,98	2,09	0,19
UB	2,5-6	0,59	1,96	0,17	6,61	0,25	0,94	2,06	0,16
UB	6-12	0,62	1,97	0,17	6,57	0,25	0,94	2,04	0,16
UB	12-18	0,61	1,91	0,17	6,32	0,24	0,94	2,02	0,16

<sup>a</sup>: te wijten aan één hoge meting van styreen in een kinderopvang in landelijke omgeving

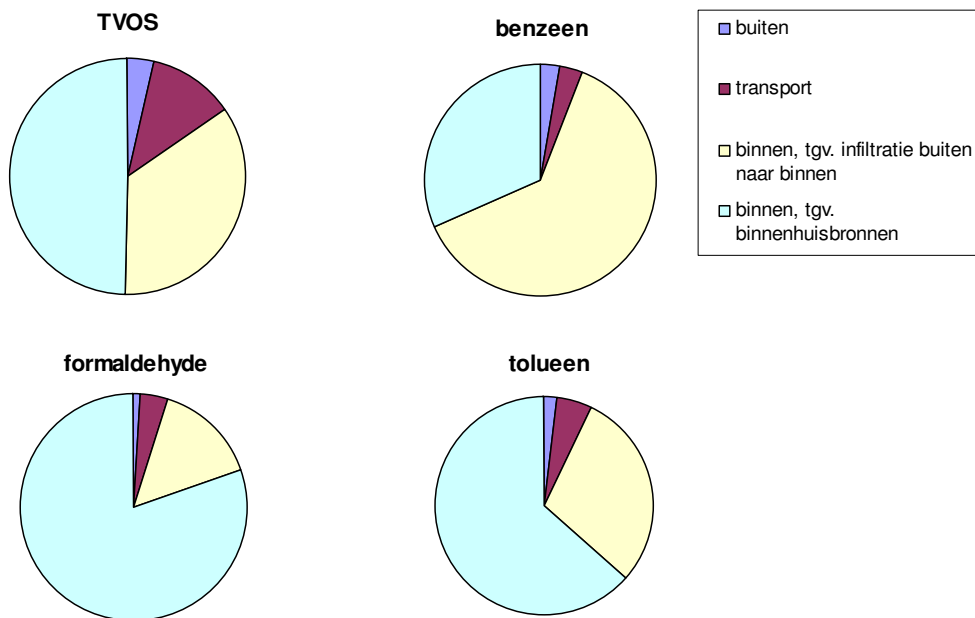
locatie	leeftijd	o-Xyleen	1,2,4- Trimethylbenzeen	p-Dichloor- benzeen	TVOS	NO <sub>2</sub>	Formaldehyde	Acetaldehyde
HS	0-2,5	0,9	1,6	0,1	410	34,2	15,2	27,4
HS	2,5-6	0,9	2,3	0,6	522	32,0	16,0	19,6
HS	6-12	0,9	2,3	0,7	490	32,6	15,4	18,8
HS	12-18	1,0	2,6	0,8	517	32,1	16,9	18,7
RB	0-2,5	1,1	1,7	0,7	495	26,0	17,2	19,7
RB	2,5-6	1,0	1,6	1,1	527	19,9	20,3	20,5
RB	6-12	1,1	1,6	1,2	493	20,3	20,9	21,6
RB	12-18	1,0	1,6	0,9	485	19,2	21,5	19,8
UB	0-2,5	0,8	2,3	0,1	485	25,9	25,2	17,1
UB	2,5-6	0,8	2,1	0,1	513	26,6	23,1	11,0
UB	6-12	0,8	2,0	0,1	484	27,3	23,3	10,7
UB	12-18	0,8	2,0	0,1	466	25,1	23,1	10,0

locatie	leeftijd	PM10
HS	0-2,5	12,3
HS	2,5-6	13,0
HS	6-12	12,7
HS	12-18	13,0
RB	0-2,5	7,4
RB	2,5-6	8,3
RB	6-12	7,9
RB	12-18	8,4
UB	0-2,5	11,2
UB	2,5-6	10,6
UB	6-12	10,5
UB	12-18	10,1

Afhankelijk van de pollutent wordt 82 % tot 95 % van de blootstelling bepaald door binnenhuisblootstelling. Hiervan wordt de blootstelling van kinderen in hoofdzaak bepaald door de tijd die zij doorbrengen thuis, in woonkamer en slaapkamer, gevolgd door de tijd doorgebracht op school of in de kinderopvang.

Aangezien een deel van de binnenmilieuconcentratie te wijten is aan infiltratie van gassen ontstaan in het buitenmilieu, kan de totale blootstelling aan gassen ontstaan in het buitenmilieu gedefinieerd worden als de som van de buitenmilieublootstelling en de binnenmilieublootstelling te wijten aan buiten naar binnen geïnfiltreerde gassen. Deze laatste term is dominant ten opzichte van de buitenmilieublootstelling (Figuur 7).

Het relatief gemiddelde belang van blootstelling in transport, buitenmilieu en binnenmilieu ten opzichte van de totale dagelijkse blootstelling voor kinderen (6-12 jaar, stedelijk centrum/druk verkeer gebied) is weergegeven voor TVOS, benzeen, formaldehyde en toluen in Figuur 7. Daaruit blijkt dat voor benzeen de dagelijkse blootstelling voor kinderen grotendeels te wijten is aan benzeen ontstaan in het buitenmilieu (>60 %), terwijl voor formaldehyde de blootstelling aan binnenhuisbronnen dominant is (85 %). De conclusies waren gelijklopend voor kinderen in andere leeftijdscategorieën en andere locatietypes (stedelijk of landelijke achtergrond).



*Figuur 7: Typische verdeling van de totale dagelijkse blootstelling aan TVOS, benzeen, formaldehyde en toluen voor kinderen over het buitenmilieu, transport en binnenmilieu (voor kinderen 6-12 jaar in stedelijk centrum/druk verkeersgebied)*

De bijdrage van andere micro-omgevingen, zoals transport, is in de typische dagelijkse blootstelling minder belangrijk, hoewel in deze situatie wel hoge kortstondige pieken kunnen optreden. In verkeersomgevingen is in wagens of bussen een concentratie van 122  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$  vastgesteld, terwijl wandelaars of fietsers piekblootstellingen aan acetaldehyde ondervinden (tot 283  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 3 keer hoger dan in andere micro-omgevingen. Acute blootstelling aan sigarettenrook blijft ook belangrijk, zowel thuis, als in een jeugdclub, waar hoge toluen- en xyleenconcentraties zijn vastgesteld.

Wanneer zowel de langdurige blootstelling als de acute blootstelling aan piekconcentraties relevant is vanuit gezondheidsstandpunt, moeten in een meetstrategie zowel metingen met

hoge tijdsresolutie (voor pieken) als metingen over een langere tijdsperiode (voor de chronische blootstelling) voorzien worden. De typische dagelijkse blootstelling varieert niet significant over de locaties. De blootstelling is iets hoger in stedelijke centrum/druk verkeer gebied door toedoen van verkeer, maar deze verhoging is niet significant. Ook is de blootstelling weinig of niet verschillend over de verschillende leeftijdscategorieën. De variatie in concentraties in slaapkamer en woonkamer in de verschillende woningen is vervolgens in rekening gebracht om de hoogste blootgestelde kinderen te identificeren. In het algemeen is het 95<sup>ste</sup> percentiel (P95) van de blootstelling, de 5 % kinderen met de hoogste blootstelling dus, een factor 2 tot 4 hoger dan de typische dagelijkse blootstelling in Tabel 3. Er zijn echter grotere verschillen tussen de pollutanten. Dit is geïllustreerd in Tabel 4 voor kinderen in een stedelijke achtergrond locatie. Voor tetrachloroetheen en p-dichlorobenzeen is de P95 blootstelling 11 resp. 50 keer hoger dan de mediaan, omwille van de zeer grote spreiding in concentratie.

Tabel 4: Verdeling (5de ,50ste and 95ste percentiel) van de blootstelling voor kinderen in een stedelijke achtergrond locatie ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) op basis van Monte Carlo berekeningen

	leeftijd	percentiel	MTBE	Benzeen	Trichloroetheen	Toluene	Tetrachloroetheen	Ethylbenzeen	m-p-xyleen	Styreen	o-Xyleen	1,2,4-Trimethylbenzeen	p-Dichloorbenzeen	TVOS	NO2	Formaldehyde	Acetaldehyde
UB	0-2,5	P5	0,4	1,4	0,1	3,5	0,1	0,5	1,1	0,1	0,4	1,1	0,0	374	21,9	15,3	11,8
UB	0-2,5	P50	0,7	2,1	0,1	8,4	0,3	1,0	2,2	0,1	0,8	2,5	0,1	497	26,0	27,1	18,4
UB	0-2,5	P95	2,1	3,3	0,4	27,4	3,5	2,3	5,4	0,4	2,5	7,1	4,2	673	32,2	56,7	37,8
UB	2,5-6	P5	0,3	1,4	0,1	3,2	0,1	0,5	1,1	0,1	0,4	1,0	0,0	404	22,3	13,0	6,2
UB	2,5-6	P50	0,6	2,0	0,1	7,5	0,3	1,0	2,1	0,1	0,8	2,2	0,1	518	26,7	24,4	11,9
UB	2,5-6	P95	2,2	3,2	0,4	26,1	3,1	2,3	5,4	0,4	2,7	7,2	4,1	704	33,3	55,9	30,4
UB	6-12	P5	0,3	1,4	0,1	3,3	0,1	0,5	1,1	0,1	0,4	1,0	0,0	378	23,4	14,0	6,0
UB	6-12	P50	0,6	2,0	0,1	7,5	0,3	1,0	2,1	0,1	0,8	2,2	0,1	492	27,3	24,7	11,9
UB	6-12	P95	2,1	3,1	0,4	25,1	3,1	2,2	5,4	0,4	2,5	6,8	3,9	666	33,7	54,1	29,4
UB	12-18	P5	0,3	1,3	0,1	3,0	0,1	0,5	1,0	0,1	0,3	0,9	0,0	357	21,0	13,3	5,3
UB	12-18	P50	0,6	2,0	0,1	6,9	0,3	1,0	2,1	0,1	0,8	2,1	0,1	473	25,2	23,9	10,8
UB	12-18	P95	2,2	3,1	0,4	25,8	2,9	2,3	5,7	0,5	2,7	7,1	4,1	664	32,1	57,1	29,8

Bovenvermelde persoonlijke dagelijkse blootstellingen zijn steeds uitgedrukt als *concentraties* in lucht, waarbij een weging werd gemaakt van luchtconcentraties in functie van verblijfsduur.

Blootstelling kan ook uitgedrukt worden als ‘dosis’ (in  $\mu\text{g}/\text{dag}/\text{kg}$  lichaamsgewicht) in plaats van als concentratie ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). De blootstelling uitgedrukt als dosis in plaats van als concentratie is waarschijnlijk ook klinisch relevanter.

Voor de verschillende leeftijdscategorieën (0-2.5 j; 2.5-6 j, 6-12 j; 12-18 jaar) werd de externe blootstelling (concentratie) omgerekend met de gemiddelde lichaamsgewichten van Vlaamse kinderen (0-2,5 j: 10.6 kg; 2.5-6 j: 16.7 kg; 6-12 j: 25.2 kg; 12-18 j: 51.5 kg) en gemiddelde ademvolumes (0-2,5 j: 5.0 m<sup>3</sup>/dag; 2.5-6 j: 7.9 m<sup>3</sup>/dag; 6-12 j: 10.2 m<sup>3</sup>/dag; 12-18 j: 15.3 m<sup>3</sup>/dag). Deze ademvolumes zijn afkomstig uit een Canadese studie daar Belgische of Europese data i.v.m. ademvolumes van kinderen niet voorhanden waren.

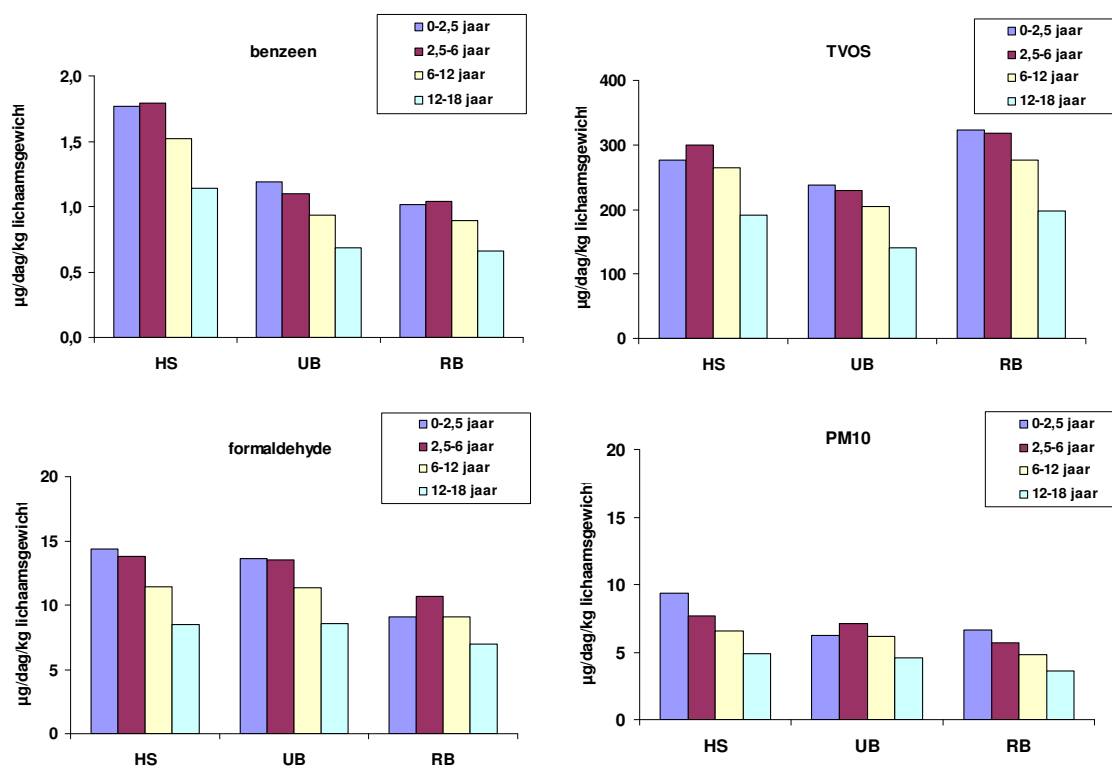
Deze blootstelling uitgedrukt als dagelijkse dosis per eenheid lichaamsgewicht is weergegeven in Tabel 5, waar de blootstelling gegroepeerd is per locatie (stedelijk

centrum/druk verkeer (HS), stedelijke achtergrond (UB) en landelijke achtergrond (RB)). Voor een aantal pollutanten zijn de resultaten grafisch weergegeven in Figuur 8.

*Tabel 5: Typische dagelijkse dosissen pollutanten ( $\mu\text{g}/\text{dag}/\text{kg}$  lichaamsgewicht) voor kinderen van verschillende leeftijdscategorieën (per locatietype)*

locatie	leeftijd	MTBE	Benzene	Trichloro ethene	Toluene	Tetrachloro ethene	Ethylbenzene	m-+p-Xylene	Styrene
UB	0-2,5	0,29	1,12	0,11	3,24	0,18	0,43	0,97	0,04
UB	2,5-6	0,31	1,21	0,08	3,19	0,23	0,43	1,11	0,05
UB	6-12	0,28	1,02	0,06	2,62	0,19	0,37	0,95	0,04
UB	12-18	0,21	0,79	0,05	2,06	0,15	0,30	0,76	0,03
RB	0-2,5	0,25	0,94	0,10	3,51	0,11	0,61	1,35	0,32
RB	2,5-6	0,24	0,97	0,08	3,32	0,14	0,65	1,51	0,07
RB	6-12	0,22	0,84	0,07	2,83	0,13	0,56	1,33	0,06
RB	12-18	0,16	0,61	0,05	1,98	0,08	0,40	0,90	0,04
HS	0-2,5	0,30	0,96	0,07	3,31	0,12	0,46	0,98	0,09
HS	2,5-6	0,28	0,93	0,08	3,13	0,12	0,45	0,97	0,08
HS	6-12	0,25	0,80	0,07	2,66	0,10	0,38	0,83	0,06
HS	12-18	0,18	0,57	0,05	1,87	0,07	0,28	0,60	0,05

locatie	leeftijd	o-Xylene	1,2,4-Trimethyl benzene	p-Dichloor benzene	TVOS	NO2	Formaldehyde	Acetaldehyde
UB	0-2,5	0,42	0,75	0,04	191,37	15,99	7,11	12,77
UB	2,5-6	0,42	1,09	0,28	246,86	15,11	7,55	9,26
UB	6-12	0,36	0,92	0,27	198,32	13,22	6,26	7,61
UB	12-18	0,29	0,76	0,23	153,23	9,50	4,99	5,53
RB	0-2,5	0,52	0,79	0,30	231,09	12,14	8,05	9,21
RB	2,5-6	0,50	0,77	0,51	249,09	9,42	9,60	9,70
RB	6-12	0,43	0,65	0,50	199,56	8,24	8,45	8,74
RB	12-18	0,29	0,46	0,26	143,61	5,69	6,38	5,87
HS	0-2,5	0,38	1,06	0,03	226,71	12,10	11,78	7,96
HS	2,5-6	0,37	0,98	0,04	242,62	12,58	10,91	5,21
HS	6-12	0,31	0,82	0,04	196,16	11,06	9,45	4,34
HS	12-18	0,23	0,59	0,02	137,92	7,45	6,85	2,96



*Figuur 8: Typische dagelijkse dosissen (µg/dag/kg lichaamsgewicht) voor kinderen van verschillende leeftijdscategorieën ( en per locatietype) voor benzeen, TVOS, formaldehyde en PM10.*

Over het algemeen zijn baby's en peuters blootgesteld aan hogere dosissen dan oudere kinderen, indien de dosis uitgedrukt is per kg lichaamsgewicht (Tabel 5). Deze dosissen dalen over het algemeen in functie van de leeftijd van de kinderen.

## **7 BELEIDSAANBEVELINGEN**

### **7.1 Gebaseerd op huidig project**

Deze studie had onder meer als doel om data te genereren over de concentraties aan luchtverontreiniging in verschillende binnenhuisomgevingen. Er is vastgesteld dat concentraties van gassen in het binnenmilieu veelal hoger liggen dan buiten, en dat zelfs een aantal normen en richtwaarden worden overschreden. De concentraties aan TVOS zijn in bijna alle binnenmilieus in FLIES hoger dan de richtwaarde van het Vlaams binnenmilieubesluit. Ook voor benzeen en formaldehyde, beide kankerverwekkende stoffen, zijn de richtwaarden overschreden. Sterker nog, er is in 4 van de 50 huizen vastgesteld dat de interventiewaarde voor benzeen (3 huizen) en voor formaldehyde (1 huis) werd overschreden. Er is nood aan een uitgebreider dataset om de omvang van dit probleem, dat hier is vastgesteld op een niet-representatieve set van huizen tijdens het winterseizoen, beter in te schatten. Op basis van deze evaluatie van het binnenmilieu is het misschien nodig om aan het binnenmilieubesluit een uitgebreider controle-, remediërings- en handhavingsmechanisme te ontwikkelen.

Controle op basis van steekproeven is nodig om de omvang en evolutie van de binnenhuispollutie beter te monitoren, en om de impact van productbeleid, woningbeleid en informatiecampagnes te kunnen vaststellen. Verfijning van de meetstrategie, om zowel acute als chronische blootstelling te kennen, en in functie van de prioritaire pollutant (gas of deeltjesvervuiling) vereist nog verder onderzoek. Zo is er bijkomend onderzoek nodig om de infiltratie van pollutanten, en de (manuele) ventilatie van huizen te modelleren. Er is vastgesteld dat het gebruik van MTBE als indicator voor deze infiltratie, verstoord wordt door een onbekende binnenhuisbijdrage. Er moet nagegaan worden of de MTBE emissie van benzinevoertuigen in aanpalende garages deze binnenhuisbron verklaart. Er is vastgesteld dat fijn stof metingen moeilijk verlopen, en in FLIES liggen de binnenhuisconcentraties lager dan buiten. Meer onderzoek is nodig om de invloed van bewoning op de fijn stof concentraties in te schatten, om de resuspensie van stof beter te begrijpen en om de relatie tussen gasvormige organische pollutanten en de absorptie op stof te begrijpen. TVOS concentraties binnen zijn opgebouwd uit een veel breder spectrum van organische componenten dan buitenluchtconcentraties. Het is onduidelijk wat de gezondheidsrelevantie hiervan is, en hoe dit in een meetstrategie en normering moet gevat worden.

Bij het vaststellen van een overschrijding van de interventiewaarde, moet er een stapsgewijze interventie opgezet worden, beginnend met het opsporen en verwijderen van de verantwoordelijke bronnen en eventueel uitmondend bij een onbewoonbaarverklaring. Deze laatste stap is uiteraard te vermijden en er moet zoveel mogelijk gezocht worden naar maatregelen die de bewoonbaarheid en de binnenluchtkwaliteit verbeteren. Handhaving is niet evident als het gaat om private woningen. Er moet vooral toegezien worden op het correct gebruik van producten. Hiermee gepaard is een realistische inschatting nodig van de blootstelling aan deze producten met het oog op productnormering. Het ontbreekt ons aan informatie over consumentengedrag. Hoe omgegaan wordt met producten, de gebruiksduur en frequentie en de emissies zijn slechts sporadisch bekend. De beschikbare informatie hiervoor zou gebundeld moeten worden, liefst op een Europees niveau. Bijkomende studies zijn nodig om voor een aantal prioritaire producten het gebruik, de emissie en de

blootstelling in kaart te brengen. Voor bouwmaterialen en hun bijdrage aan de lange termijn blootstelling van mensen is hier al een weg afgelegd. Er is nood aan gelijkaardige initiatieven om kortdurende emissies van producten en hun gevolgen voor acute blootstelling in kaart te brengen.

Er is nood aan bijkomende informatie over de gezondheidsrelevantie van de blootstelling aan sommige stoffen. In het algemeen ontbreekt het vaak nog aan informatie over de bron - concentratie - blootstelling-effect relatie, zodat preventie alsnog ad hoc gebeurt.

## 7.2 Pad naar de toekomst

Hieronder puntsgewijs enkele suggesties en ideeën voor de toekomst.

- Bevestiging van de vastgestelde problemen in FLIES: is benzeen, formaldehyde (aldehydes), TVOS (totaal vluchtige organische stoffen) een meer algemeen probleem? De situatie onderzoeken voor pollutanten niet aan bod gekomen in FLIES.
- Opsporen van de oorzaak van uitzonderlijk hoge concentraties, die aanleiding geven tot de hoogst blootgestelde groep van kinderen.
- Opstellen van een meetstrategie per prioritaire pollutant (na selectie van pollutanten): zowel acute als chronische blootstelling trachten te evalueren, zowel gassen als stof.
- FLIES resultaten toetsen aan gegevens van binnenmilieu metingen bekomen in Brussel (RCIB : “Regionale Cel Interventie Binnenluchtvervuiling”) en Wallonië (SAMI: “Services d’Analyse des Milieux Intérieurs”).
- De relatie tussen buitenmilieubronnen, binnenmilieubronnen, concentratie en blootstelling bepalen via literatuur en veldwerk.
- Blootstelling vastgesteld bij kinderen toetsen naar andere gevoelige bevolkingscategorieën (bv. ouderen). Nagaan of vastgestelde tendensen extrapol eerbaar zijn naar andere bevolkingscategorieën.
- Het uitbouwen van een database aan gegevens over productemissies.
- Het uitbouwen van een databank over consumenten gedrag.
- Het ondersteunen van een productbeleid – selectie van producten en emissies waarover in de EU onvoldoende gegevens bestaan, of die specifiek gebruikt worden in Vlaanderen.
- Informatiecampagne en preventiecampagne op basis van FLIES is nog moeilijk omdat bronnen van hoge concentraties niet altijd gekend zijn. Wel kan gestart worden met een informatieve website voor het grote publiek.
- Uitbouwen van ondersteuning bij controle, remediëring en handhaving binnenmilieubesluit.
- Prevalentiecijfers m.b.t. verstoringen systematisch opbouwen.
- Elementen aanreiken of een aanzet geven tot een binnenmilieubeleidsplan.
- Effect van het EPB nagaan op het binnenmilieu.
- Verdere concretisering van een beleid ter preventie van binnenmilieuverontreiniging: bv. anti rookbeleid, vochtbestrijdingsprogramma’s, terugdringen VOS houdende producten, actief promoten van labeling voor gebouw en huishoudelijke producten, ...
- De toepassing van THADE en INDEX op Vlaanderen.

<http://www.efanet.org/activities/documents/THADEReport.pdf>

[http://ec.europa.eu/health/ph\\_projects/2002/pollution/pollution\\_2002\\_02\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2002/pollution/pollution_2002_02_en.htm)