

Eindrapport

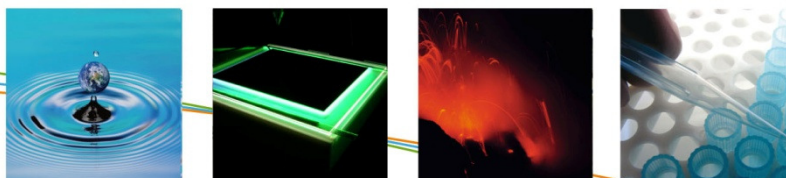
Surveillance van klachtenvrije woningen

Samenvattende rapportering 2008-2012

M. Stranger, F. Geyskens, L. Verbeke, R. Swinnen, D. Poelmans, W. Swaans, E. Goelen

Studie uitgevoerd in opdracht van
Het team Milieugezondheidszorg van het Agentschap Zorg en Gezondheid
En het departement Leefmilieu, Natuur en Energie, LNE
2013/MRG/R/022

December 2012



VITO NV

Boeretang 200 - 2400 MOL - BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 - Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be - www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 375-1117354-90 ING
BE34 3751 1173 5490 - BBRUBEBB

VERSPREIDINGSLIJST

Gerrit Tilborghs
Karen Van Campenhout
Maja Mampaey
Hana Chovanova
Özlem Bozkurt

INHOUD

Verspreidingslijst	I
Inhoud	II
Lijst van tabellen	V
Lijst van figuren	VI
Lijst van afkortingen	VII
HOOFDSTUK 1. Inleiding	1
HOOFDSTUK 2. Globale beschrijving van de studiegroep Klachtenvrije woningen 2008-2012	3
2.1. De grootte en rekrutering van de studiegroep	3
2.2. De bewoners	4
2.3. De woningen	6
2.3.1. Gebouwtypes	6
2.3.2. Ligging van de woningen	6
2.3.3. Verluchting van de woning	8
2.3.4. Luchtdichtheid en isolatie van de woning	8
2.4. Mogelijke bronnen aanwezig in de woningen	9
2.4.1. Gebruik van brandstoffen	9
2.4.2. Aanwezigheid van andere brandstoffen	10
2.4.3. Bouwmaterialen en nieuwe meubels	10
2.4.4. Binnenshuis roken	11
HOOFDSTUK 3. Beschrijvende resultaten binnenmilieu Klachtenvrije woningen 2008-2012	13
3.1. Vluchtige organische stoffen in 446 Vlaamse Klachtenvrije woningen	13
3.2. Aldehyden in 450 klachtenvrije woningen	17
3.3. NO ₂ in 449 klachtenvrije woningen	17
3.4. CO ₂ in 441 klachtenvrije woningen	20
3.5. Temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht in 450 klachtenvrije woningen	20
HOOFDSTUK 4. Analyse van het binnenmilieu in functie van specifieke bronnen	22
4.1. Woonomgeving en verkeersemisies	22
4.1.1. Afstand tot de weg	22
4.1.2. Woonomgeving	23
4.1.3. Conclusie woonomgeving en verkeersemisies	23
4.2. Binnenhuiskarakteristieken	24
4.2.1. Recente herbemeubeling, verbouwings- of verfraaiingswerken (minder dan één jaar geleden)	24
4.2.2. Het gebruik van aardgas als brandstof	24
4.3. Verluchting en ventilatie	25

4.3.1.	Afzuigkap boven het fornuis	25
4.3.2.	Type ventilatiesysteem	25
4.4.	<i>Positie keuken ten opzichte van woonkamer</i>	25
4.5.	<i>Andere bronnen</i>	25
4.5.1.	Inrichting	25
4.5.2.	Gebruikte producten	26
4.5.3.	Verbrandingsgassen	26
4.5.4.	Roken	26
HOOFDSTUK 5.	Emerging Pollutants	27
5.1.	<i>Kruistabel Emerging pollutants als basis voor verdere stappen</i>	27
5.1.1.	Fase 1: Kruistabel Emerging Pollutants	27
5.1.2.	Fase 2: Overzicht van de meetbaarheid	28
5.2.	<i>Uitbreiding van de Surveillance dataset met extra VOS-componenten</i>	29
5.3.	<i>Detectie van ftalaten in binnenmilieu</i>	33
5.3.1.	Optimalisatie op laboratoriumschaal en preliminair onderzoek in reële situaties	33
5.3.2.	Verkennd onderzoek naar ftalaten in Surveillance klachtenvrije woningen	34
5.3.3.	Studie van de ftalaten in gas- en stoffractie aanwezig in de binnenlucht	37
5.4.	<i>Detectie van MVOS in het binnenmilieu</i>	38
5.4.1.	Literatuuronderzoek	39
5.4.2.	Metingen van MVOS in het binnenmilieu	40
5.5.	<i>Studie naar de samenstelling van totaal aldehyden</i>	41
5.5.1.	Identificatie en kwantificatie van 10 extra aldehyden	41
5.5.2.	10 extra aldehyden in Surveillance Klachtenvrije woningen 2012	44
5.5.3.	Screening – identificatie van carbonylverbindingen	44
HOOFDSTUK 6.	Surveillance resultaten ten opzichte van Vlaams Binnenmilieubesluit en andere relevante Europese binnenmilieu richtwaarden en normen	48
6.1.	<i>Relevante binnenmilieu richtwaarden, interventiewaarden en normen</i>	48
6.2.	<i>De surveillance dataset ten opzichte van het Vlaams Binnenmilieubesluit</i>	48
6.3.	<i>De surveillance-dataset ten opzichte van andere bestaande richtwaarden, interventiewaarden en normen</i>	49
6.4.	<i>De componenten uit het Vlaams Binnenmilieubesluit ten opzichte van deze uit andere richtlijnen</i>	53
HOOFDSTUK 7.	Binnenmilieu klachtenwoningen	55
7.1.	<i>Leidraad voor klachtenbehandeling</i>	55
7.1.1.	Doelstelling	55
7.1.2.	De ToVo-portaal site	56
7.1.3.	Strategie voor klachtenbehandeling: de leidraad	58
7.2.	<i>Overzicht van klachtenwoningen 2008-2012</i>	75
7.2.1.	Overzicht van de klachtenwoningen 2008-2012	75
7.2.2.	Klachten met metingen, opgedeeld volgens gezondheidsklachten	76
7.2.3.	Klachten met metingen, opgedeeld volgens mogelijke invloedsfactoren	76
7.2.4.	Klachten met metingen, opgedeeld volgens gemeten polluenten	77

HOOFDSTUK 8. Conclusies en beleidsaanbevelingen	78
8.1. <i>Conclusies</i>	78
8.1.1. De dataset	78
8.1.2. De resultaten	78
8.1.3. De resultaten ten opzichte van het Vlaams Binnenmilieubesluit	79
8.1.4. Het Vlaams Binnenmilieubesluit ten opzichte van andere richtwaarden	79
8.1.5. Emerging pollutants	79
8.1.6. Binnenmilieu klachten woningen	80
8.2. <i>Beleidsaanbevelingen</i>	80
Literatuurlijst	84
Bijlage A Meetbaarheid van semi-vluchtige organische componenten: ftalaten	86
Bijlage B: Gemeenten van het Vlaams gewest volgens de VRIND classificatie	87
Bijlage C Jaarrapporten Surveillance naar de gezondheidskwaliteit van klachtenvrije woningen 2008, 2009, 2010, 2011, en 2012	94

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1 Opleidingsniveau van de bevroagde personen	5
Tabel 2 Opleidingsniveau van de partners	5
Tabel 3 Overzicht van de VOS concentraties in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012	15
Tabel 4 Overzicht van de bijkomend gemeten VOS componenten in klachtenvrije woningen (2010-2012)	16
Tabel 5 Overzicht van de aldehyde concentraties in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012	18
Tabel 6 Overzicht van de NO ₂ concentraties in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012	18
Tabel 7 Overzicht van CO ₂ concentraties in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012	19
Tabel 8 Overzicht van Temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012	21
Tabel 9 ANOVA single factor analyse van NO ₂ in functie van 'afstand tot de weg'	23
Tabel 10 ANOVA single factor analyse van NO ₂ in functie van woonomgeving	23
Tabel 11 Overzicht van binnenhuis NO ₂ in functie van het gebruik van aardgas als brandstof	24
Tabel 12 Overzicht van de gradaties in complexiteit, die toegekend werden aan elke component	29
Tabel 13 Uitgevoerd stappenplan	30
Tabel 14 Overzicht van VOS-componenten, met aanduiding relevantie voor verder onderzoek	31
Tabel 15 Resultaten extra VOS analyse in de laatste 13 stalen van Surveillance 2010	33
Tabel 16 Overzicht van de stappen gevolgd voor de optimalisatie op laboratoriumschaal	34
Tabel 17 Resultaten van de eerste try-out voor ftalaatmetingen gebruikmakend van de PDMS-tenax-methode	34
Tabel 18 Resultaten van 10 Surveillance klachtenvrije woningen	36
Tabel 19 Ftalaten in gas-en stoffracties in suspensie in twee woonkamers	38
Tabel 20 Lijst van mogelijks relevante MVOS componenten	39
Tabel 21 Overzicht van MVOS in de geselecteerde 10 meetplaatsen, en de overeenkomstige schimmels en bacteriën in de lucht	40
Tabel 22 Het voorkomen van de extra aldehyden in Surveillance klachtenvrijewoningen 2011	43
Tabel 23 Het voorkomen van de extra aldehyden in Surveillance klachtenvrije woningen 2012	43
Tabel 24 Aldehyden in de binnenlucht, bepaald door een screening van 2 Umex 100 samplers	45
Tabel 25 Typische binnenluchtconcentraties in Duitsland ¹	46
Tabel 26 Overzicht van het Vlaams Binnenmilieubesluiten andere relevante richtlijnen ten opzichte van de surveillance database	50
Tabel 27 Vergelijking van het Vlaams Binnenmilieubesluit met richt- en grenswaarden geldig in de EU en in EU lidstaten	51
Tabel 28: sleutelwoorden bij klachtenregistratie	57
Tabel 29 Studies die gezondheidsklachten rapporteren ten gevolge van schimmels	62
Tabel 30 Categorieën voor het indelen van gezondheidsklachten in BiMi-rapportage 2011	68
Tabel 31 Gezondheids bepalende factoren in het binnenmilieu, de bijhorende bronnen en maatregelen om te voorkomen of remediëren (uit: Towards Healthy Air in Dwellings in Europe THADE)	71
Tabel 32 Effectiviteit van de belangrijkste acties voor voorkomen en remediëren	73
Tabel 33 Overzicht van de geregistreerde klachten op de portaalsite	75

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1 Verdeling van de gebouwtypes in de surveillance dataset	6
Figuur 2 Omgeving van de surveillance woningen	7
Figuur 3 Potentiële bronnen in de omgeving van de woning, opgesomd door de bewoners	7
Figuur 4 Verluuchtingsmanieren en ventilatiesystemen in de set van 450 woningen	8
Figuur 5 Woningverwarming in de beschouwde set van 450 woningen	9
Figuur 6 Brandstof gebruikt voor kookactiviteiten	10
Figuur 7 Vloerbekleding in de bestudeerde woonkamers	10
Figuur 8 Muurbekleding in de bestudeerde woonkamers	11
Figuur 9 Kantoorbenodigdheden aanwezig in de bestudeerde woningen	11
Figuur 10 Handleiding voor de metingen van ftalaten gebruikmakend van de nieuwe staalname-techniek	35
Figuur 11 Overzicht van de Franse nationale meetcampagne van formaldehyde in woningen	49
Figuur 12 Overzichtsschema voor de aanpak van klachten over gebouwen.	56
Figuur 13 Print screen van de ToVo-portaalsite, met de 3 categoriën sleutelwoorden toegevoegd	58
Figuur 14 Klacht ten gevolge van schimmels of muffe geur	60
Figuur 15 Stappenplan voor behandeling van een klacht ten gevolge van een gebouw	66
Figuur 16 Overzicht van meest voorkomende gezondheidssymptomen in Wallonië en Brussel (ter illustratie)	68
Figuur 17 Overzicht van voorkomende gezondheidssymptomen, bij klachten met metingen	76
Figuur 18 Overzicht van invloedsfactoren, opgegeven bij klachten met metingen	77
Figuur 19 Overzicht van de polluenten, gemeten in klachtenwoningen	77

LIJST VAN AFKORTINGEN

ANOVA	Variantie-analyse
BEHA	Bis(2-ethylhexyl)adipaat
BiMi	Vlaams Binnenmilieubesluit
CO	Koolstofmonoxide
CO ₂	Koolstofdioxide
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease - chronisch obstructieve longziekte
CS ₂	Koolstofdisulfide
DBP	Benzyl butylftalaat
DCHP	Dicyclohexylftalaat
DEHP	Bis(2-ethylhexyl)ftalaat
DEP	Diethylftalaat
DHV	Dienst Huisvesting en Vastgoed
DiBP	Di-n-butylftalaat
DMP	Dimethylftalaat
DNOP	Di-n-octylftalaat
EPB	Energieprestatie en binnenklimaat
GOK	Gelijke Onderwijskansen
Grenelle	Franse wet n°2009-967 van 3 augustus 2009 met betrekking tot de programmatie van de uitvoering van de "Grenelle de l'environnement"
LC-MS	Vloeistofchromatografie gekoppeld aan massaspectrometrie
MMK	Medisch Milieukundige
MMMF	Man Made Mineral Fibres
MTBE	methyl-tert-butylether
MVOS	Microbiële vluchtige organische stoffen
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NO ₂	Stikstofdioxide
NO _x	Stikstofoxiden
OCMW	Openbare Centra voor Maatschappelijk Welzijn
OQAI	Observatoire de la qualité de l'air intérieur
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
P75	75 ^{ste} percentiel
PDMS-tenax	Polydimethylsiloxaan-Tenax
PM ₁	Fractie fijn stof, waarvan 50% aerodynamische diameter heeft kleiner dan 1µm
PM ₁₀	Fractie fijn stof, waarvan 50% aerodynamische diameter heeft kleiner dan 10µm
PM _{2.5}	Fractie fijn stof, waarvan 50% aerodynamische diameter heeft kleiner dan 2.5µm
RCIB	Regionale Cel voor Interventie bij Binnenluchtvervuiling
rsd	relatieve standaarddeviatie
RSD	Relative standaard deviatie
SAMI	Service d'Analyse des Milieux Intérieurs
SCHER	Scientific Committee on Health and Environmental Risks
Stdev	Standaard deviatie
SVOS	Semi-vluchtige organische stoffen
TCEP	Tris(2-chlorethyl)fosfaat
TSP	Total suspended particulate matter
TVOS	totaal vluchtige organische stoffen
UFP	Ultra-fijn stof
US EPA	U.S. Environmental Protection Agency
VAZG	Vlaams Agentschap voor Zorg en Gezondheid

VOS	Vluchtige organische stoffen
VRIND	Vlaamse regionale Indicatoren
WHO	Wereldgezondheidsorganisatie
WHO Lares	WHO Large Analysis and Review of European housing and health Status

HOOFDSTUK 1. INLEIDING

Met de publicatie van het Vlaams Binnenmilieubesluit (Besl VI Reg 11 juni 2004, BS 19/10/2004), werden richt- en interventiewaarden vastgelegd voor een set van polluenten die binnenshuis voorkomen, met als doel gezondheidsrisico's ten gevolge van verontreiniging van het binnenmilieu te beperken en indien mogelijk te bestrijden.

Met als doel deze richt- en interventiewaarden te toetsen aan de situatie van het binnenmilieu in Vlaamse klachtenvrije woningen, werd in 2008 het 'Onderzoek naar de gezondheidskwaliteit van Vlaamse woningen' opgestart, in opdracht van het team Milieugezondheidszorg van het Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid en van de dienst Milieu & Gezondheid van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie

Meer concreet werd vooropgesteld dat de resultaten van dit onderzoek aanleiding geven tot:

- het creëren van een representatief beeld van de gezondheidskwaliteit in het bestaande woningpatrimonium van Vlaanderen
- een discussie over de noodzaak tot een verfijning en/of uitbreiding van de huidige richt- en interventiewaarden uit het Binnenmilieubesluit;
- het creëren van een beleidsondersteunend kader: na vergelijking met gezondheidswaarden kunnen streefwaarden worden opgesteld die het beleid richting geven voor normering op langere termijn. Ook kan de overheid worden geadviseerd om de bestaande regelgeving aan te passen of nieuwe regelgeving te ontwikkelen.

In deze studie werden in een periode van 5 kalenderjaren metingen van een aantal polluenten in de binnenlucht van Vlaamse woningen uitgevoerd. Om hierbij een zo representatief mogelijk beeld van Vlaanderen te verkrijgen, werd een gelijke verdeling van de woningen over de verschillende provincies vooropgesteld. De VRIND-classificatie (zie Bijlage B) werd gehanteerd om een gelijke verdeling van de woningen over landelijke achtergrond, stedelijke achtergrond en stedelijk centrum te verkrijgen. Er werd eveneens vooropgesteld een representatief beeld van de maatschappij te weerspiegelen in de gerekruteerde woningen, en om de metingen te verspreiden over een gans jaar, met als doel de gemiddelde jaarlijkse blootstelling in kaart te brengen.

In totaal werden 450 klachtenvrije woningen opgenomen in dit onderzoek; elk jaar worden metingen in 90 nieuw geselecteerde woningen uitgevoerd.

Op het einde van elk meetjaar werd de dataset systematisch aangevuld met de nieuwe resultaten. Alle deelrapporten van meetjaar 2008 tot en met meetjaar 2012 zijn toegevoegd aan de bijlage van dit rapport.

De binnenluchtkwaliteit in deze klachtenvrije woningen werd in kaart gebracht door monsternamen in de woonkamer van elke woning. Hierbij werden de volgende parameters gekwantificeerd: vluchtige organische stoffen, formaldehyde, acetaldehyde, CO₂, relatieve vochtigheid, temperatuur en tocht. De gasvormige bestanddelen werden gemeten met behulp van passieve dosimeters; de andere componenten werden bepaald met behulp van monitoren of eenvoudige hand-held toestellen. De meetgegevens werden aangevuld met een uitgebreide vragenlijst, die tot doel had mogelijke bronnen van luchtpollutie zowel binnenshuis als buitenshuis in kaart te brengen. Verder werd ook de levensstijl van de bewoners bevraagd.

Naast de bovenaan opgesomde doelstellingen van dit onderzoek, biedt deze uitgebreide meetcampagne eveneens een representatieve dataset voor het evalueren van klachtenwoningen. Deze klachtenwoningen zijn in dit onderzoek gedefinieerd als 'woningen waarvan de bewoners medisch vastgestelde gezondheidsklachten vertonen ten gevolge van het binnenmilieu'. Een beschrijving van deze klachten wordt opgenomen in deze rapportering.

De volgende hoofdstukken worden onderscheiden in dit verslag:

1. Globale beschrijving van de populatie Klachtenvrije Vlaamse woningen 2008-2009-2010-2011-2012
2. Beschrijvende resultaten binnenmilieu Klachtenvrije Vlaamse woningen 2008-2009-2010-2011-2012
3. Variantieanalyse van het voorkomen van specifieke binnenmilieu componenten tov geselecteerde potentiële bronnen (op basis van gebouw- en woonkarakteristieken uit de vragenlijst)
4. Rapportering Emerging Polluenten
5. Spiegelen resultaten tov. Vlaams Binnenmilieubesluit en andere relevante Europese binnenmilieu richtwaarden en normen
6. Binnenmilieu klachtenwoningen (incl. Leidraad klachtenbehandeling)
7. Conclusies en beleidsadvies op basis van resultaten

HOOFDSTUK 2. GLOBALE BESCHRIJVING VAN DE STUDIEGROEP KLACHTENVRIJE WONINGEN 2008-2012

Dit hoofdstuk heeft tot doel de bestudeerde populatie te beschrijven. Hiertoe behoort een motivatie van de grootte van de populatie, een beschrijving van de bewoners en hun levensstijl, alsook een beschrijving van de woonplaatsen. In de drie onderstaande paragrafen 'De bewoners', 'De woningen', en 'Mogelijke bronnen in de woningen', worden de dataset en de relevante karakteristieken ervan opgelijst.

2.1. DE GROOTTE EN REKRUTERING VAN DE STUDIEGROEP

Dit beleidsondersteunend project, in opdracht van het team Milieugezondheidszorg en de dienst Milieu & Gezondheid, had tot doel de gezondheidswaarde van het binnenmilieu in *de gemiddelde Vlaamse woning* in kaart te brengen. De Studiedienst van de Vlaamse Regering telde in 2005 10.379.000 inwoners in België, waarvan 6.043.161 in Vlaanderen. Een steekproef van de binnenluchtkwaliteit in elke woning is onmogelijk uit te voeren. Daarom werd een strategie voorgesteld voor de selectie van een representatieve groep woningen in Vlaanderen. Aangezien deze groep een betrouwbaar beeld moet geven van de gemiddelde woning, moeten alle woningtypes van alle sociaal-economische groepen hierin vertegenwoordigd zijn. In een eerste fase (2007-2008) werd een verdeelsleutel voor de selectie van de eerste 90 klachtenvrije woningen voorgesteld en toegepast. Het onderstaande voorstel werd in 2009 geformuleerd en ingevoerd en houdt rekening met deze eerste verdeelsleutel en de bevindingen bij de praktische uitvoering ervan.

De Algemene Directie voor Statistiek berekende voor 2003 een gemiddelde van 462 woningen per 1000 inwoners in België. Cijfers voor Vlaanderen zijn voor 2003 niet bekend. Echter, hetzelfde studiecentrum vermeldde voor 2001 een vergelijkbaar aantal woningen per 1000 inwoners voor Vlaanderen en België (415 voor Vlaanderen vs. 413 voor België). Daarom zal aangenomen worden dat het Belgisch cijfer voor 2003 ook representatief is voor Vlaanderen. Om een gelijke spreiding over de jaren en over de provincies te verkrijgen wordt dit aantal verhoogd tot 450 woningen. Bijgevolg bestuderen we in deze steekproef het binnenmilieu van de woningen van een 1000-tal inwoners.

Rekeninghoudend met het totaal aantal woningen in Vlaanderen, zal er dus bemonsterd worden in 0.02% van de Vlaamse woningen. Ondanks de grootteorde van dit laatste getal is dit een aanzienlijke groep, vooral wanneer blijkt dat in een vergelijkbaar onderzoek in Frankrijk een representatieve groep van 567 woningen geselecteerd werd om het gemiddelde binnenmilieu van de 24.000.000 Franse woningen of 0.002% van de totale groep te bepalen (Kirchner et al, 2006). Hierbij dient vermeld te worden dat dit een eerste studie in Frankrijk betreft en dat een zeer brede waaier van pollutanten werd bestudeerd (<http://www.air-interieur.org>).

Bij de in 2009 en 2010 gevolgde meetstrategie werd ervan uitgegaan dat een **ad random** selectie van woningen, binnen een aantal duidelijk afgebakende randvoorwaarden, een populatie oplevert die representatief is voor Vlaanderen. Deze zal dan bijgevolg ook een representatieve vertegenwoordiging van de verschillende binnenhuisbronnen en andere beïnvloedende factoren van luchtvervuiling in dezelfde regio weerspiegelen. Informatie over de huiskarakteristieken werd

bevraagd in vragenlijsten. Bij de keuze van de woningen garanderen strategische selectiecriteria de representativiteit van de groep voor Vlaanderen. Hierbij werd geen rekening gehouden met typische bronnen van luchtvervuiling of andere beïnvloedende factoren in woningen. Dit zou immers geleid hebben tot een zeer groot aantal te bestuderen parameters, waarvoor een onmogelijk grote groep woningen vereist zou zijn om statistisch significante conclusies te genereren.

Het was belangrijk dat deze randvoorwaarden leidden tot een gelijke verdeling over de seizoenen, de locatie van de woningen, het woningtype en de verschillende sociaal-economische groepen en gebouwoouderdommen. Een goede spreiding over deze voorwaarden is cruciaal voor een betrouwbaar eindresultaat.

Er werd geen specifieke aandacht besteed aan één specifiek seizoen. De meetperiode liep immers over een vastgelegde periode van meerdere jaren, waarbinnen jaarlijks een zelfde aantal woningen bezocht werd. Zo werd automatisch een goede spreiding over de seizoenen verkregen. De studie had tot doel om de binnenluchtkwaliteit van de gemiddelde woning te bepalen over het hele jaar, dus enkel meten binnen een specifiek seizoen had een onbetrouwbaar eindresultaat opgeleverd.

Volgende selectiecriteria voor woningen werden gehanteerd

1. *Het aantal woningen wordt evenredig per provincie verdeeld (18 per jaar, per provincie).* Dit omwille van het feit dat de uitvoering van de staalnames gebeurde door de provinciale diensten van het team Milieugezondheidszorg.
2. *Gelijke verdeling over stedelijk centrum, stedelijke achtergrond en landelijke achtergrond*
Het VRIND-classificatiesysteem, waarin alle gemeenten opgedeeld worden in landelijke achtergrond, stedelijke achtergrond en stedelijk centrum, werd gebruikt om deze gelijke verdeling over gemeenten in de verschillende provincies te verkrijgen.
3. *Gelijke vertegenwoordiging van alle sociaal-economische groepen*

De sociaal-economische status van inwoners staat in relatie met een aantal factoren die mogelijks het binnenmilieu van een woning kunnen beïnvloeden. Voorbeelden hiervan zijn het woningtype, isolatie en de woningverwarming. Om een gelijke vertegenwoordiging van alle sociaal-economische groepen uit de bevolking te verkrijgen werd de piste gevolgd waarbij de VAZG-medewerkers woningen trachtten te selecteren via (basis)scholen. In een ander onderzoek naar het binnenmilieu (in opdracht van de dienst Milieu & Gezondheid van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie en het team Milieugezondheidszorg van het Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid) heeft VITO de luchtkwaliteit in 30 basisscholen in Vlaanderen bepaald. Aangezien elke officiële school in Vlaanderen het Gelijke Kansen Onderwijs (GOK) hanteert, zouden ook op school, alle sociaal-economische klassen vertegenwoordigd moeten zijn.

Daarom werd in 2009 een foldertje met toelichting van het project alsook een invulformulier voor kandidaat deelnemers opgesteld dat rondgedeeld werd in basisscholen. In deze brochure werd aan ouders, leerkrachten, directie maar ook aan kennissen en familie de mogelijkheid geboden om deel te nemen aan dit onderzoek.

2.2. DE BEWONERS

De studie werd uitgevoerd in 450 woningen. In praktijk bleek de meest voorkomende manier van rekruteren te verlopen via eigen contacten en contacten van collega's. Verder werd ook

gerekruteerd via de kinderen die schoolliepen in de deelnemende scholen aan de BiBa studie (2010, onderzoek naar de luchtkwaliteit in 90 Vlaamse klaslokalen). In een latere fase werd eveneens gerekruteerd via andere scholen, dit bleek niet in alle provincies even eenvoudig.

De rekrutering via scholen werd geïnitieerd in 2009, om een zo correct mogelijke weerspiegeling van de maatschappij te verkrijgen in de dataset. Met als doel deze weerspiegeling in de Surveillance dataset te kunnen nagaan, werd vanaf 2009 het opleidingsniveau van de bewoners geïnventariseerd. Hierbij werd uitgegaan van de hypothese dat het opleidingsniveau een indicatie geeft van de sociaal-economische status van het gezin.

Zoals zichtbaar in Tabel 1 beschikte 70% van de bevroagde personen over een diploma hoger onderwijs (universitair en niet-universitair) en beschikte 21% van de bevroagde personen over een diploma hoger secundair onderwijs. Voor slechts 7% van de bevroagden was het diploma lager secundair onderwijs de hoogst behaalde opleiding; voor 0.6% was dit het diploma lager onderwijs. 0.6% van de bevroagden had geen diploma.

Dezelfde vraag werd ook gesteld over het opleidingsniveau van de partner. Dit opleidingsniveau bleek iets lager (minder universitair, hoger onderwijs of hoger secundair onderwijs gediplomeerd) voor de partners van de bevroagden dan voor de bevroagden zelf, maar de oorzaak hiervan is vooral te zoeken in het feit dat 5.3% opgaven geen partner te hebben en 14% de vraag onbeantwoord liet.

Tabel 1 Opleidingsniveau van de bevroagde personen

Uw hoogste opleiding?	# antwoorden	% van totaal
Geen diploma	2	0,6%
Lager onderwijs	2	0,6%
Lager secundair onderwijs	25	6,9%
Hoger secundair onderwijs	77	21%
Hoger onderwijs buiten universiteit	143	40%
Universiteit	108	30%
Andere	3	0,8%
Totaal	360	100%

Tabel 2 Opleidingsniveau van de partners

De hoogste opleiding van uw partner (indien van toepassing)	# antwoorden	% van totaal aantal antwoorden
Geen partner	19	5,3%
niet ingevuld	50	14%
Geen diploma	2	0,6%
Lager onderwijs	1	0,3%
Lager secundair onderwijs	24	6,7%
Hoger secundair onderwijs	77	21%
Hoger onderwijs buiten universiteit	113	31%
Universiteit	70	19%
Andere	4	1,1%
Totaal	360	100%

Op basis van deze gegevens kan besloten worden dat de bestudeerde dataset geen representatieve weerspiegeling van de maatschappij is. Om alle sociaal-economische klassen van de maatschappij te bereiken zouden ook andere rekruteringswijzen toegepast moeten worden. Voorbeelden hiervan zijn: samenwerkingen met sociale huisvestingsmaatschappijen of het organiseren van informatiesessies voor allochtonen (eventueel met tolk) waarin de studies duidelijk gekaderd worden in een groter perspectief en de voordelen voor de bewoners toegelicht worden.

Uitgemiddeld over de 450 gebouwen, werd elk huis bewoond door gemiddeld 3 inwoners. In 41 van de bestudeerde woningen werd binnenshuis gerookt; dit is 9.1% van de dataset.

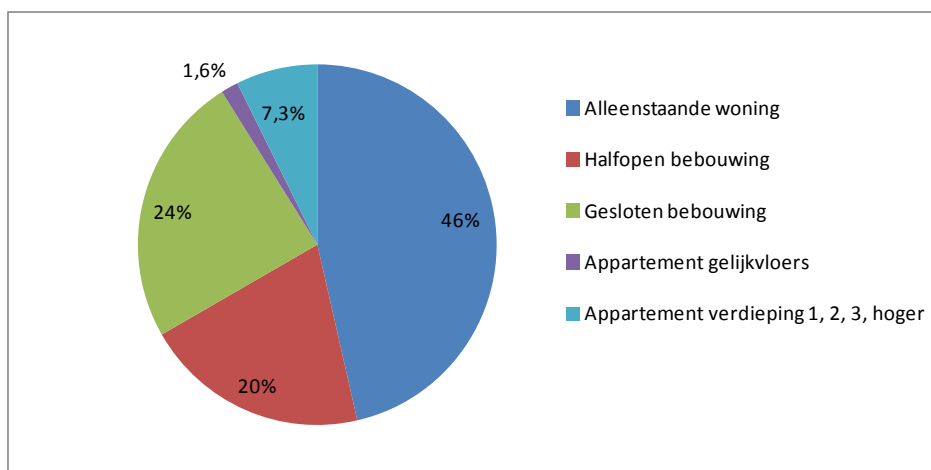
Meer dan de helft van de bestudeerde gezinnen (53%) had geen huisdier; 24% had minstens één kat en een vergelijkbaar percentage had minstens één hond.

2.3. DE WONINGEN

2.3.1. GEBOUWTYPES

Het merendeel van de bestudeerde woningen is van het alleenstaande type (46%). Verder vertegenwoordigen halfopen en gesloten bebouwingen samen een vergelijkbaar aandeel in deze dataset. Slechts 9% van de woningen bevindt zich in appartementsgebouwen. Een overzicht van deze verdeling wordt getoond in Figuur 1. Bijna 70% van de woningen is ouder dan 20 jaar, en verder is 28% van de woningen tussen 10 en 20 jaar. Bijgevolg is slechts 3.1% van de woningen jonger dan twee jaar. Deze vaststelling heeft volgende implicaties op de verdere analyse van de dataset:

- invloeden van nieuwbouwwoningen, met betrekking tot materiaalemissies, kunnen deze dataset niet beïnvloeden (hierbij wordt een onderscheid gemaakt met renovaties)
- invloeden van nieuwe EPB regelgeving (mechanische ventilatiesystemen, gebouwisolatie en gebouwluchtdichtheid) zijn slechts zeer beperkt vertegenwoordigd in deze dataset

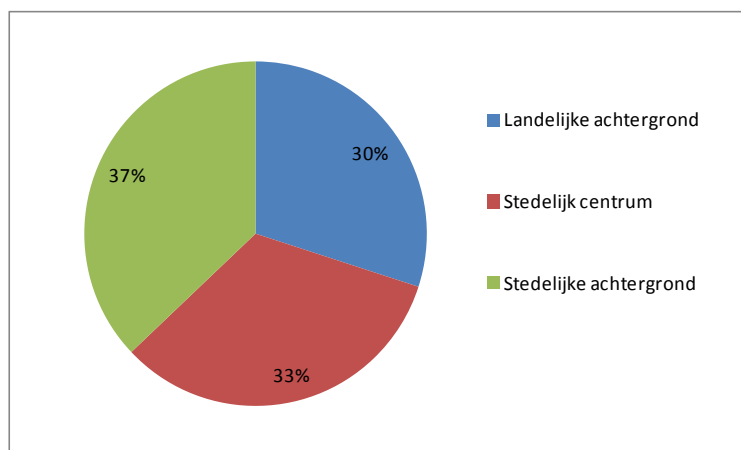


Figuur 1 Verdeling van de gebouwtypes in de surveillance dataset

2.3.2. LIGGING VAN DE WONINGEN

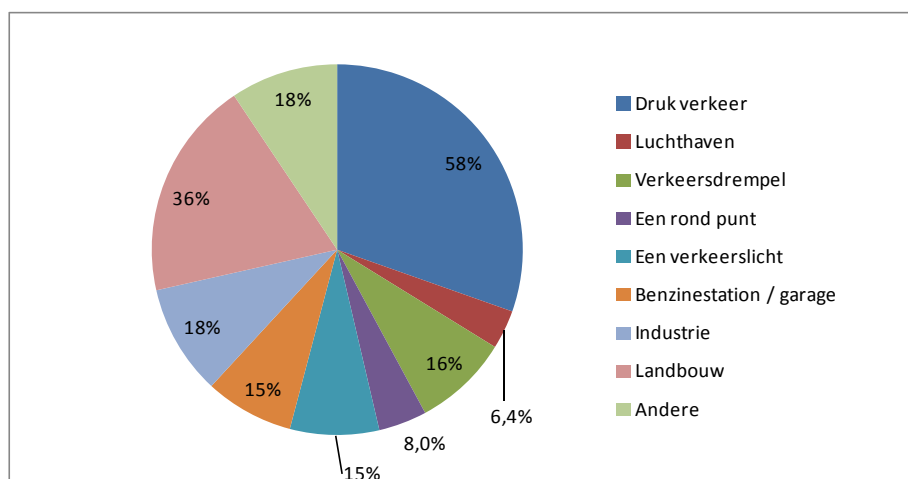
De gemiddelde onderzochte woning bevindt zich op een afstand van 5 tot 10 meter van de dichtstbij gelegen weg (39% van de woningen). Maar liefst 26% van de dataset bevindt zich tussen

0 en 2 meter van de dichtstbij gelegen weg. De woningen bestudeerd in dit onderzoek, zijn quasi gelijk verdeeld tussen de drie onderscheiden omgevingstypes (gebaseerd op de VRIND classificatie, zie bijlage 1): landelijke omgeving, stedelijk centrum en stedelijke achtergrond. Een grafische voorstelling hiervan wordt getoond in Figuur 2.



Figuur 2 Omgeving van de surveillance woningen

Ondanks de gelijke verdeling van de gebouwomgeving tussen landelijke achtergrond, stedelijk centrum en stedelijke achtergrond, blijft 'druk verkeer' de meest frequent vermelde parameter, bij het oplijsten van potentiële bronnen uit de omgeving die de luchtkwaliteit negatief kunnen beïnvloeden. Hierbij werd 'druk verkeer' omschreven als gelegen aan een provincieweg, een autosnelweg, een ringweg of andere drukke weg. Volgens Figuur 3 wordt de parameter 'druk verkeer' vermeld in 58% van de bestudeerde woningen. Landbouwactiviteiten worden vermeld in 36% van de 450 woningen. Verkeersdrempels, industrie, een benzinestation en een rond punt worden telkens in minder dan 20% van de bestudeerde set vermeld als een mogelijk negatief beïnvloedende parameter.



Figuur 3 Potentiële bronnen in de omgeving van de woning, opgesomd door de bewoners

2.3.3. VERLUCHTING VAN DE WONING

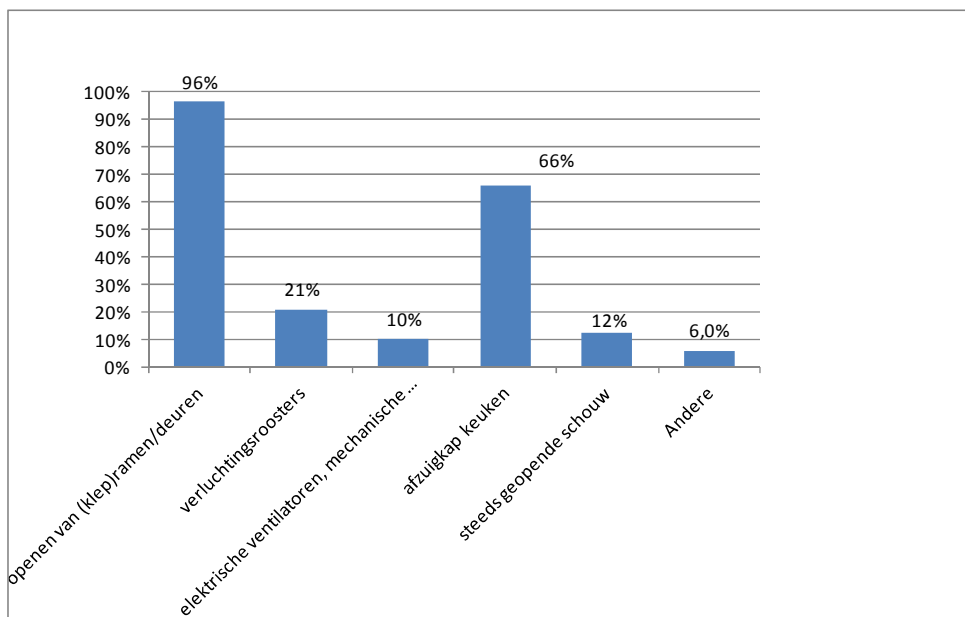
In Figuur 4 wordt een overzicht getoond van de verluchttingsmanieren en ventilatiesystemen in de bestudeerde woningen. Merk hierbij op dat de som van alle systemen 100% overschrijdt, omdat in sommige situaties meerdere manieren aangeduid werden. De overgrote meerderheid van de woningen (96%) wordt verlucht via openen van ramen en/of deuren. Slechts 21% beschikt over ventilatieroosters in muren of ramen en enkel 10% van de bestudeerde woningen heeft een mechanisch ventilatiesysteem.

Het meest voorkomende ventilatiesysteem in de woningen, in 67% van alle gerapporteerde systemen, is het eenvoudigste systeem A (met verluchttingsroosters geïntegreerd in ramen en deuren). Vervolgens worden de mechanische ventilatiesystemen type B (mechanische luchttoevoer, natuurlijke afvoer via roosters), type C (natuurlijke luchttoevoer via roosters en mechanische luchtafvoer) en type D (mechanische lucht toevoer en luchtafvoer) in vergelijkbare aandelen teruggevonden in de woningen (telkens < 10%).

Deze waarneming over het voorkomen van de ventilatiesystemen in deze dataset, staat in direct verband met de ouderdom van de woningen (gerapporteerd in paragraaf 2.3.1).

Verluchting via openen van ramen gebeurt voornamelijk (72% van de antwoorden) in de voormiddag tussen 7 en 12u; 's nachts wordt het minst frequent verlucht (slechts gerapporteerd voor 21% van de woningen).

87% van de bevroegden gaf aan de woonkamer te hebben verlucht tijdens de uitvoering van de staalname. Dit gebeurde in 92% van de gevallen door opening van (klep)ramen of deuren; slechts in 12% door opening van verluchttingsroosters in ramen of muren en in 7% door een mechanisch ventilatiesysteem.



Figuur 4 Verluchttingsmanieren en ventilatiesystemen in de set van 450 woningen

2.3.4. LUCHTDICHTHEID EN ISOLATIE VAN DE WONING

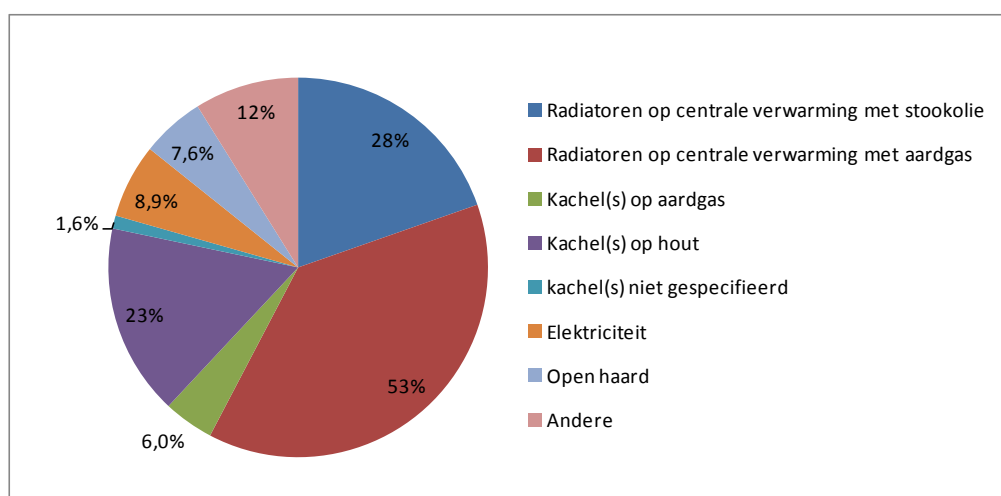
92% van de woningen was uitgerust met dubbele beglazing. Op de vraag of de woning duidelijk goed afgedicht was (met betrekking tot passieve ventilatie), antwoordde 77% van de respondenten positief. Slechts 15% antwoordde dat hun woning duidelijk slecht afgedicht is.

2.4. MOGELIJKE BRONNEN AANWEZIG IN DE WONINGEN

2.4.1. GEBRUIK VAN BRANDSTOFFEN

Meer dan de helft van de woningen (53%) wordt verwarmd met radiatoren op centrale verwarming met aardgas; 28% op centrale verwarming met stookolie. Een vergelijkbaar aandeel wordt verwarmd door kachels op hout. Telkens minder dan 10% van de groep wordt elektrisch verwarmd, door een open haard of door (gas)kachels. Een overzicht wordt getoond in Figuur 5. Als gevolg hiervan is aardgas ook de meest gebruikte brandstof in deze dataset.

Algemeen gaf 29% van de bevroegden aan steeds een open vaakvlam brandende te hebben (bvb. van een gasgeiser, centrale verwarmingsketel, ...).

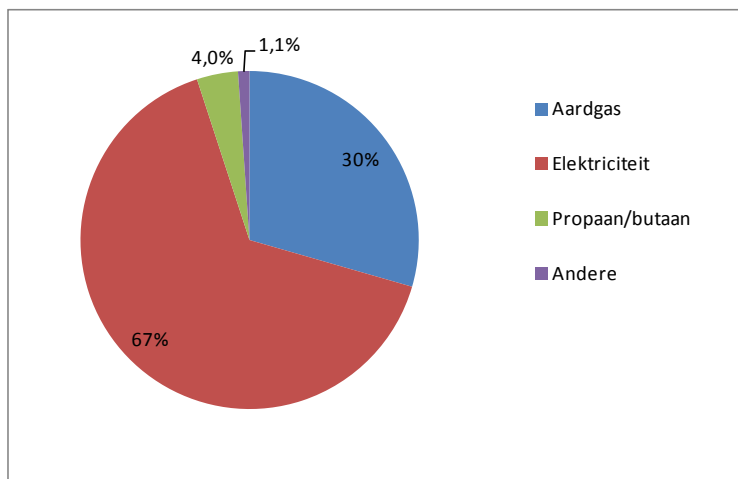


Figuur 5 Woningverwarming in de beschouwde set van 450 woningen

In tegenstelling tot verwarming, wordt in de grote meerderheid van de woningen elektrisch gekookt (67% van de 450 woningen). In één derde van de woningen wordt gekookt op aardgas en slechts in 4% op butaan of propaan (Figuur 6). 4% (dus in 17 woningen) van de kookfornuizen is niet uitgerust met een afzuigsysteem en 6% van de fornuizen heeft een afzuigsysteem met een eigen opvang. De rest van de fornuizen heeft een afzuiging, met luchtafvoer via een buitenmuur of via een schouw.

Het grootste deel van de woonkamers (58%) was uitgerust met een open keuken.

Tijdens de uitvoering van de metingen, rapporteerde 88% van de populatie gekookt te hebben in de woning. Slechts 77% hiervan rapporteerde hierbij de dampkap gebruikt te hebben.



Figuur 6 Brandstof gebruikt voor kookactiviteiten

2.4.2. AANWEZIGHEID VAN ANDERE BRANDSTOFFEN

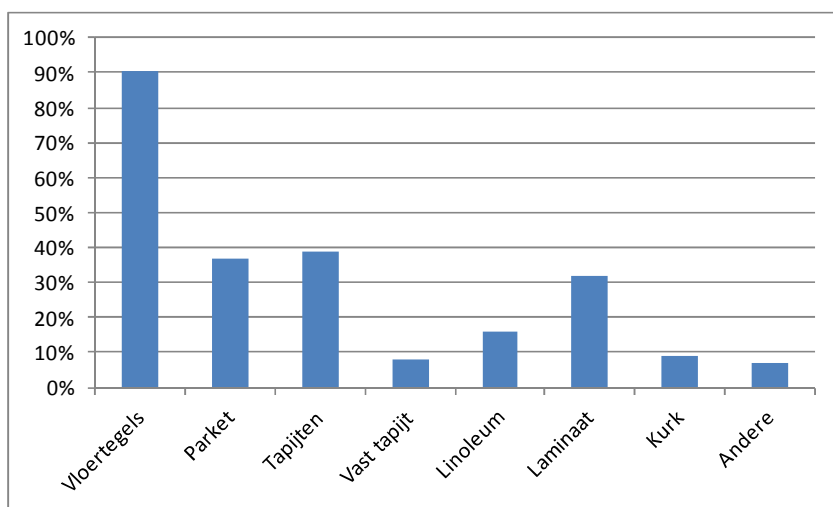
Bijna de helft (42%) van de woningen beschikt over een garage, die verbonden is met de woning via een rechtstreekse verbindingsdeur. In 1/3 van deze woningen wordt de auto geparkeerd in deze garage.

2.4.3. BOUWMATERIALEN EN NIEUWE MEUBELS

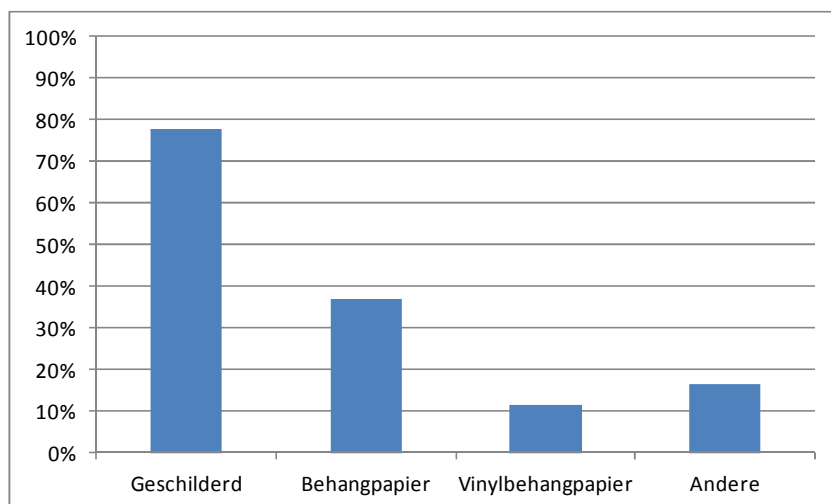
In 43% van de beschouwde woningen werd minder dan één jaar geleden verbouwings- of verfraaiingswerken uitgevoerd en in 17% werd herbemeubeld.

Verder werden onderstaande types vloerbekleding (Figuur 7) aangetroffen in de woonkamers. Hierbij waren vloertegels het meest voorkomende type (90%), gevolgd door tapijten, parket en laminaat. In een minderheid van de woningen werd linoleum, kurk of vast tapijt gebruikt als vloerbekleding.

In bijna 80% van de woningen waren muren geschilderd, in bijna 40% werden muren behangen en slechts in 12% werd vinylbehangpapier gebruikt (Figuur 8). 78% van de woningen had gordijnen.



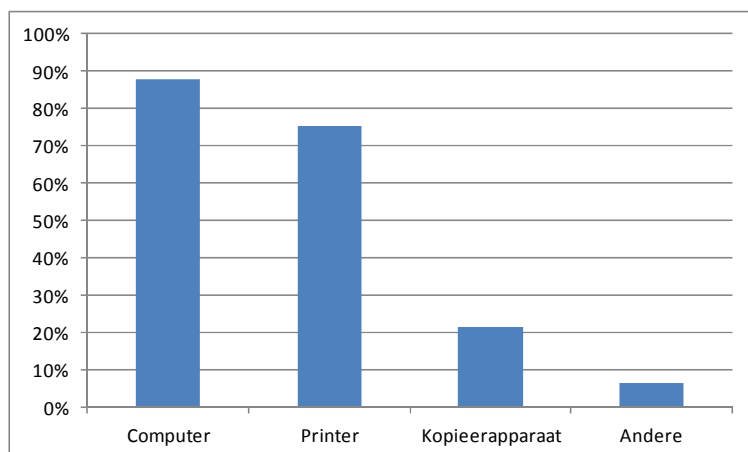
Figuur 7 Vloerbekleding in de bestudeerde woonkamers



Figuur 8 Muurbekleding in de bestudeerde woonkamers

Mogelijks emitterende producten, zoals verven werden in 25% van de woningen recent of regelmatig gebruikt; voor boenmiddelen was dit 13%. Andere producten, zoals vernissen, kleefmiddelen en beitsmiddelen werden slechts in een erg kleine groep gebouwen gebruikt.

De meerderheid van de woningen (88%) beschikt over minstens één computer, en minstens één printer (75%). In bijna 60% van de woningen stond deze computer in de woonkamer. Kopieertoestellen komen duidelijk minder frequent voor in de bestudeerde woningen.



Figuur 9 Kantoorbenodigdheden aanwezig in de bestudeerde woningen

2.4.4. BINNENSHUIS ROKEN

In 82% van de woningen werd niet gerookt; in 9.3% werd er soms gerookt en in 4.2% van de bestudeerde woningen werd vaak gerookt.

HOOFDSTUK 3. BESCHRIJVENDE RESULTATEN BINNENMILIEU KLACHTENVRIJE WONINGEN 2008-2012

In dit hoofdstuk wordt een beschrijvende analyse gegeven van de luchtkwaliteit in de 450 bestudeerde, klachtenvrije woningen. Deze analyse gebeurt op totaalniveau voor deze dataset, gegroepeerd volgens component/parameter: VOS, aldehyden, CO₂, temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht. Voor informatie over de gebruikte staalname- en analysetechnieken wordt verwezen naar de afzonderlijke deelrapporten, toegevoegd aan de bijlage van dit rapport. Merk op dat tijdens staalname, transport of staalanalyse stalen verloren kunnen gaan; voor deze parameters wordt dan een aantal stalen kleiner dan 450 gerapporteerd.

3.1. VLUCHTIGE ORGANISCHE STOFFEN IN 446 VLAAMSE KLACHTENVRIJE WONINGEN

Een overzicht van de vluchtige organische stoffen die gemeten werden in de 446 klachtenvrije woningen wordt getoond in Tabel 3 en Tabel 4.

Van alle bestudeerde VOS-componenten blijkt d-limoneen de component die het hoogst geconcentreerd voorkomt in klachtenvrije woningen. Deze geurstof komt voor in allerhande consumentenproducten, zoals schoonmaakmiddelen, verzorgingsproducten, luchtverfrissers en in bouwmaterialen (Uhde and Salthammer, 2007). Eén enkele bron is dus waarschijnlijk niet toe te kennen als oorzaak. De hoge gemiddelde waarde van $31 \pm 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de P75 van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en de maximale waarde van $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bevestigen het veelvoud van bronnen dat aanwezig is in de gemiddelde Vlaamse woning. Dit monoterpeen is gekend voor de secundaire reacties die het ondergaat door reactie met O₃ of andere reactieve gassen. Naast de vorming van secundair organisch aerosol (ultra-fijn stof), veroorzaken deze secundaire reacties reactieve, onstabiele gasvormige oxidatieproducten, die acute effecten op de ademhaling kunnen veroorzaken (Wolkoff et al. 2013). Alfa-pineen komt ook voor in het merendeel van de bestudeerde woningen, doch in lagere grootteordes ($9.3 \pm 20.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maximale waarde $164 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Na d-limoneen blijkt tolueen de VOS-component die het hoogst geconcentreerd voorkomt in klachtenvrije woningen. Met een gemiddeld niveau van $31 \pm 366 \mu\text{g}/\text{m}^3$, toont de standaardafwijking reeds de grote spreiding van tolueen in de verschillende woningen aan. De relatief lage waarde van het 75^{ste} percentiel toont echter dat het merendeel van de binnenconcentraties lager dan $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is.

Met uitzondering van alfa-pineen, d-limoneen en tolueen, zijn voor alle gemeten componenten de 75^{ste} percentielen kleiner dan $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor deze componenten, met een lage P75-waarde, zijn verhoogde maximale concentraties ten opzichte van P75 dus meestal het resultaat van een beperkt aantal specifieke situaties.

De componenten trichloroetheen, styreen en 1,4-dichlorobenzeen worden slechts op een beperkt aantal meetpunten aangetroffen in concentratieniveaus boven de detectielimiet, respectievelijk in 17%, 23% en 17% van de dataset.

In vergelijking met de spreiding (relatieve standaardafwijking) van een aantal individuele VOS-componenten, is de relatieve spreiding op het TVOS gehalte in de woningen relatief beperkt.

Gemiddeld wordt $437 \pm 550 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aangetroffen in de woningen. De hoogst geregistreeerde waarde bedroeg $7520 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel 3 Overzicht van de VOS concentraties in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012

Component	Aantal meetwaarden	Gemiddelde	Mediaan	Min.	Max.	Onderste kwartiel	Bovenste kwartiel	Stdev	% rsd
Concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bij gemeten temp.) waarden beneden de DL zijn als 0,5DL meegerekend									
MTBE	446	1,56	0,250	0,1	93	0,1	0,56	6,3	407%
Benzeen	446	1,65	0,95	0,1	29,2	0,57	1,73	2,56	155%
Trichloroetheen	446	0,31	0,1	0,1	12,0	0,1	0,1	1,10	359%
Tolueen	446	31	5,1	0,92	7704	3,1	11,1	366	1180%
Tetrachloroetheen	446	1,24	0,1	0,1	195	0,1	0,223	10,0	808%
Ethylbenzeen	446	1,30	0,65	0,1	30	0,38	1,22	2,26	174%
m- + p-Xyleen	446	3,7	1,62	0,212	78	0,93	3,3	7,0	191%
Styreen	446	0,246	0,1	0,1	28,0	0,1	0,1	1,37	557%
o-Xyleen	446	1,24	0,56	0,1	14,5	0,33	1,20	2,02	162%
1,2,4-Trimethylbenzeen	446	3,5	1,12	0,1	138	0,60	2,90	9,1	259%
1,4-Dichlorobenzeen	446	0,176	0,1	0,1	6,9	0,1	0,1	0,48	276%
TVOS	446	437	337	0,1	7517	243	463	550	126%

Concentraties lager dan de detectielimit worden aangeduid in vetgedrukte cijfers

Tabel 4 Overzicht van de bijkomend gemeten VOS componenten in klachtenvrije woningen (2010-2012)

Component	Aantal meetwaarden	Gemiddelde	Mediaan	Min.	Max.	Onderste kwartiel	Bovenste kwartiel	Stdev	% rsd
Concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bij gemeten temp.) waarden beneden de DL zijn als 0,5DL meegerekend									
Hexaan	270	2,27	0,97	0,1	74	0,63	1,80	5,3	236%
Heptaan	270	2,79	0,94	0,1	54	0,44	2,14	6,6	239%
Cyclohexaan	270	2,32	0,74	0,1	58	0,41	1,74	5,6	242%
n-butylacetaat	193	2,75	1,39	0,1	31	0,67	2,81	4,2	154%
alfa-pineen	193	9,3	3,6	0,276	164	1,65	8,2	20,7	223%
3-careen	193	3,0	1,30	0,1	60	0,59	2,79	6,1	202%
d-limoneen	193	31	13,2	0,70	500	6,2	29,7	55	178%

Concentraties lager dan de detectielimit worden aangeduid in vetgedrukte cijfers

3.2. ALDEHYDEN IN 450 KLACHTENVRIJE WONINGEN

Een overzicht van de aldehyden in de 450 klachtenvrije woningen wordt getoond in Tabel 5. Hieruit blijkt dat formaldehyde, met een gemiddelde van $26 \pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, duidelijk hoger geconcentreerd voorkomt in de woningen dan acetaldehyde ($8.5 \pm 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Het 75^{ste} percentiel van formaldehyde, dat slechts weinig afwijkt van de gemiddelde en mediane waarde, wijst erop dat sterk verhoogde concentraties zoals het maximaal gemeten niveau ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) minder frequent voorkwamen in deze klachtenvrije woningen.

De hogere gemiddelde, mediane, P75 en maximale concentratie van 'totaal aldehyden' hebben aanleiding gegeven tot een gedetailleerde analyse van de overige aldehyden (naast formaldehyde en acetaldehyde). Hierbij werden de overige componenten, omvat in de somparameter 'totaal aldehyden', geïdentificeerd en gekwantificeerd. De resultaten hiervan worden gerapporteerd in HOOFDSTUK 5.

Voor Tabel 5 dient verder opgemerkt te worden dat de negatieve concentratie bij 'totaal andere aldehyden' het gevolg is van de berekeningswijzen van 'totaal aldehyden' en 'totaal andere aldehyden'. Beide somparameters worden berekend gebruikmakend van de responsfactor van formaldehyde; waarbij de parameter 'totaal andere aldehyden' berekend wordt door 'totaal aldehyde' te verminderen met de gekwantificeerde formaldehyde en acetaldehyde (elk met eigen responsfactor). Indien bijgevolg de andere aldehyden in lage hoeveelheid voorkomen, in combinatie met een verhoogde hoeveelheid acetaldehyde, kan de somparameter 'totaal andere aldehyden' een negatief getal worden.

Deze berekeningswijze beïnvloedt echter niet het belang van deze indicatieve somparameter in studies naar de kwaliteit van het binnenmilieu.

3.3. NO₂ IN 449 KLACHTENVRIJE WONINGEN

NO₂ komt voor met een gemiddelde concentratie van $15.8 \pm 9.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 449 klachtenvrije woningen. Het 75^{ste} percentiel bedraagt $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dus wijkt niet sterk af van de gemiddelde waarde. De hoogst geregistreerde concentratie bedraagt echter $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel 5 Overzicht van de aldehyde concentraties in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012

Component	Aantal meetwaarden	Gemiddelde	Mediaan	Min.	Max.	Onderste kwartiel	Bovenste kwartiel	Stdev	% rsd
Concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bij gemeten temp.)									
Formaldehyde	450	26,1	22,7	0,220	180	16,3	31	16,4	63%
Acetaldehyde	450	8,5	6,2	0,74	264	4,1	9,3	16,0	188%
Totaal aldehyden	450	48	45	1,63	252	35	54	24,6	51%
Andere aldehyden (totaal)	450	13,5	11,9	(-20,5)	120	7,7	16,7	9,4	70%

Tabel 6 Overzicht van de NO_2 concentraties in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012

Component	Aantal meetwaarden	Gemiddelde	Mediaan	Min.	Max.	Onderste kwartiel	Bovenste kwartiel	Stdev	% rsd
Concentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij 20°C									
waarden beneden de DL zijn als 0,5DL meegerekend									
NO_2	449	15,8	13,5	0,1	93	9,7	19,0	9,6	61%

Tabel 7 Overzicht van CO₂ concentraties in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012

Component	Aantal meetwaarden	Gemiddelde	Mediaan	Min.	Max.	Onderste kwartiel	Bovenste kwartiel	Stdev	% rsd
Concentratie in ppm									
Gemiddelde CO ₂ woning	441	732	687	416	1645	594	841	193	26%
Minimum CO ₂ woning	441	483	470	69*	1726	414	538	138	29%
Maximum CO ₂ woning	441	1407	1302	411	3465	1026	1659	521	37%

* waarschijnlijk te wijten aan een technisch defect van de sensor

3.4. CO₂ IN 441 KLACHTENVRIJE WONINGEN

Een overzicht van de gemeten CO₂ concentraties in de 441 woningen wordt getoond in Tabel 7. Uit deze tabel blijkt dat het onderste kwartiel (P25) van de meetwaarden de gemiddelde buitenconcentraties (400 à 450 ppm) overschrijdt; dit impliceert dat gemiddeld 75% van de bestudeerde woningen een binnenconcentratie CO₂ heeft, die hoger is dan de buitenconcentratie. Het 25^{ste} percentiel, de gemiddelde en de mediaan van de laagst gemeten waarden benaderen de gemiddelde buitenconcentratie van 483 ± 138 ppm wel. De hoogst gemeten waarden bereiken gemiddeld 1407 ± 521 ppm.

3.5. TEMPERATUUR, RELATIEVE VOCHTIGHEID EN TOCHT IN 450 KLACHTENVRIJE WONINGEN

De temperatuur (n=444), relatieve vochtigheid (n=441), en windsnelheid (n=431) in de woningen vertoonden telkens weinig spreiding op gemiddelde, mediaan en P75 waarden. Dit wijst erop dat er slechts weinig variatie is van deze fysische parameters tussen de verschillende klachtenvrije woningen. De weekgemiddelde temperatuur bedroeg 21 ± 2 °C; de weekgemiddelde relatieve vochtigheid 51 ± 9 %.

De maximale meetwaarden onderscheidden zich echter wel van deze gemiddelde waarden. Zo bedroeg de hoogst gemeten temperatuur 42°C; de hoogst gemeten weekgemiddelde temperatuur bedroeg 27.6°C. Hierbij moet uiteraard telkens de overweging genomen worden dat de sensor misschien in de zon stond op bepaalde tijdstippen van de dag.

De hoogst gemeten windsnelheid, als maat voor tocht, bedroeg 0.71 m/s. Deze hoge waarde ten opzichte van gemiddelde (0.074 m/s), mediaan (0.06 m/s) en P75 (0.084 m/s) wijst op een bijzondere situatie, eventueel op een fout bij de meting.

Tabel 8 Overzicht van Temperatuur, relatieve vochtigheid en tocht in klachtenvrije woningen over gans Vlaanderen 2008-2012

Component	Aantal meetwaarden	Gemiddelde	Mediaan	Min.	Max.	Onderste kwartiel	Bovenste kwartiel	Stdev	% rsd
Temperatuur (°C)									
Gemiddelde temperatuur woning	444	21,0	21,0	14,8	27,6	19,6	22,4	2,2	11%
Minimum temperatuur woning	444	18,4	18,5	10,0	33	16,5	20,2	2,8	15%
Maximum temperatuur woning	444	24,2	23,7	16,5	42	22,2	25,8	3,4	14%
Relatieve vochtigheid (%)									
Gemiddelde RV woning	441	51	52	27,7	74	45	58	9,0	18%
Minimum RV woning	441	40	40	6,4*	70	33	46	10,2	26%
Maximum RV woning	441	63	63	32	87	57	70	10,1	16%
Windsnelheid in m/s									
Gemiddelde windsnelheid woning	431	0,074	0,060	0,001	0,71	0,034	0,084	0,078	106%

* waarschijnlijk te wijten aan een technisch defect van de sensor

HOOFDSTUK 4. ANALYSE VAN HET BINNENMILIEU IN FUNCTIE VAN SPECIFIEKE BRONNEN

De luchtkwaliteit van de 450 klachtenvrije woningen werd getoetst aan de invloed van een aantal omgevingsfactoren. In deze analyse werd de aandacht gevestigd op mogelijke invloeden op het binnenmilieu, veroorzaakt door verkeersemissies uit de omgeving, binnenhuiskarakteristieken, verluchting en ventilatie en verwarming en koken. Ook werd bestudeerd of we een invloed kunnen identificeren van specifieke bronnen zoals inrichting (meubilair, vloerbekleding), gebruikte producten en rookactiviteiten op de componenten die in deze studie in kaart gebracht werden.

Door middel van eenvoudige T-testen of ANOVA-testen, werden specifieke relaties tussen de geselecteerde parameters en de gemeten polluenten bestudeerd. De resultaten worden gerapporteerd in onderstaande paragrafen.

4.1. WOONOMGEVING EN VERKEERSEMISSIES

Om de woonomgeving van de bestudeerde woningen in kaart te brengen, werd vooreerst de VRIND-classificatie toegepast op de gemeenten, waarin woningen geselecteerd werden. Op deze manier werd aan elke woning respectievelijk een label 'stedelijk centrum', 'stedelijke achtergrond' of 'landelijke achtergrond' toegekend. Vervolgens werd ook de afstand tot de dichtbijgelegen weg bevestigd, als maat voor invloed van verkeersemissies op het binnenmilieu.

4.1.1. AFSTAND TOT DE WEG

De invloed van de parameter 'afstand tot de weg' op het voorkomen van bepaalde verkeersgerelateerde polluenten in het binnenmilieu werd nagegaan door het toepassen van een enkele-factor ANOVA test.

Deze polluenten waren NO₂, MTBE, benzeen, tolueen, xylenen en ethylbenzeen. Voor geen enkele van de vluchtige organische stoffen werd een statistisch significant verschil tussen de groepen vastgesteld. Dit is waarschijnlijk gevolg van (1) de relatief lage concentraties van bepaalde componenten, vaak niet sterk afwijkend van de detectielimiet van de methode, zoals bijvoorbeeld voor MTBE, of o-xyleen en (2) de aanwezigheid van een variëteit aan binnenbronnen aanvullend op de buitenbronnen, zoals bijvoorbeeld voor tolueen, die een verband met het buitenmilieu kunnen verstoren.

Voor NO₂ wordt echter wel een significant verschil (95% betrouwbaarheidsniveau) waargenomen tussen de 5 categorieën met betrekking tot afstand tot de weg. De verschillende categorieën, het aantal woningen per categorie, de gemiddelde NO₂ concentratie en de variantie worden getoond in Tabel 9.

Tabel 9 ANOVA single factor analyse van NO₂ in functie van 'afstand tot de weg'

Groepen	Aantal	Gemiddelde [µg/m ³]	Variantie [µg/m ³]
0-2 meter	115	20,5	145
2-5 meter	104	15,7	70,0
5-10 meter	174	13,4	62,1
>10 meter	46	13,5	67,5
>30 meter	11	12,6	17,4
P-waarde	4,8E-09		

4.1.2. WOONOMGEVING

Dezelfde pollutanten werden beschouwd in functie van de woonomgeving, die gedefinieerd werd door middel van de VRIND-classificatie. Naar analogie met de parameter 'afstand tot de weg', wordt voor geen enkele verkeersgerelateerde VOS-component een significant verschil tussen de groepen waargenomen. Voor NO₂ wordt echter een significant verschil waargenomen tussen de 3 gedefinieerde categorieën, waarbij in woningen gelegen landelijke achtergrond omgevingen gemiddeld 12.4 µg/m³ NO₂ gemeten wordt, in stedelijke achtergrond omgeving 14.5 µg/m³ en in stedelijk centrum 20.1 µg/m³. De gemiddelde waarden zijn significant verschillend op het P95 niveau, zoals getoond in Tabel 10.

Tabel 10 ANOVA single factor analyse van NO₂ in functie van woonomgeving

Groepen	Aantal	Gemiddelde [µg/m ³]	Variantie [µg/m ³]
Landelijke achtergrond	135	12,4	32,1
Stedelijke achtergrond	167	14,5	65,1
Stedelijk centrum	148	20,2	148
P-waarde	3,33E-12		

4.1.3. CONCLUSIE WOONOMGEVING EN VERKEERSEMISSIES

Op basis van deze surveillance naar de luchtkwaliteit in Vlaamse klachtenvrije woningen blijkt de indeling van woningen in categorieën op basis van de afstand tot de weg of in categorieën op basis van de VRIND-classificatie een goede indicatie voor de NO₂-concentratie die in de woning aangetroffen wordt. Verkeersgerelateerde VOS-componenten blijken gemiddeld niet significant verschillend in de drie categorieën.

4.2. BINNENHUISKARAKTERISTIEKEN

4.2.1. RECENTE HERBEMEUBELING, VERBOUWINGS- OF VERFRAAIINGSWERKEN (MINDER DAN ÉÉN JAAR GELEDEN)

TVOS en 'totaal aldehyden' bleken onafhankelijk van recente herbemeubeling in de woning. Dit is niet volledig onverwacht, aangezien een herbemeubeling kan variëren van een nieuw meubelstuk tot een geheel vernieuwde kamerinrichting.

Voor verbouwings- of verfraaiingswerken werd echter wel een associatie geïdentificeerd met het binnenmilieu. De somparameter 'totaal aldehyden' bleek in deze dataset gemiddeld significant verhoogd te zijn in woningen met recente verbouwings- of verfraaiingswerken. Hierbij werd in woningen met recente werken gemiddeld $53.1 \pm 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aangetroffen, terwijl in woningen zonder recente werken $45.5 \pm 33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werd gemeten. Het verschil bleek significant op het 90% betrouwbaarheidsniveau). De hoeveelheid TVOS bleek niet statistisch significant verschillend in beide groepen woningen.

4.2.2. HET GEBRUIK VAN AARDGAS ALS BRANDSTOF

Het gebruik van aardgas als brandstof kan een verhoogde concentratie NO_2 in het binnenmilieu veroorzaken. Voor deze parameter werden de woningen daarom beschouwd in de volgende verdelingen: (1) woningen met aardgasverwarming ten opzichte van alle andere verwarmingsmethoden, (2) woningen met een kookfornuis op gas ten opzichte van alle andere soorten kookfornuizen, (3) woningen met zowel verwarming als een kookfornuis op gas ten opzicht van de rest van de dataset.

Bij het uitvoeren van een eenvoudige t-test op verdelingen werd een statistisch significant verschil tussen de twee groepen aangetroffen voor elk van de verdelingen. Het verschil bleek het meest uitgesproken, en duidelijk significant voor de woningen die zowel over een gasfornuis als over verwarming op gas beschikten (de hoogste gemiddelde NO_2 -concentratie werd geregistreerd voor deze groep woningen). Onderstaande Tabel 11 geeft een overzicht van de gemiddelde NO_2 -concentraties in elke groep en het 95% significantieniveau.

Tabel 11 Overzicht van binnenhuis NO_2 in functie van het gebruik van aardgas als brandstof

Aardgasbron	Gemiddelde NO_2 concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Aantal woningen	P- waarde
Verwarming op gas tov zonder gas	18.4 ± 11.2 versus 13.2 ± 6.9	218 vs 231	1.2E-8
Kookfornuis op gas tov zonder gas	20.9 ± 11.7 versus 13.2 ± 7.2	147 vs 302	5.8E-12
Verwarming én kookfornuis op gas tov zonder of één van beide	22.8 ± 12.7 versus 12.5 ± 6.9	103 vs 172	3.7E-12
Waakvlam zichtbaar tov zonder	20.2 ± 13.5 versus 14.6 ± 7.9	358 vs 91	2.2E-4

Ook de aanwezigheid van een zichtbare waakvlam blijkt een significante invloed te hebben op het NO_2 gehalte in de woningen. De aanwezigheid en het gebruik van een gaskachel gaf echter geen aanleiding tot aanzienlijke NO_2 verhogingen in het binnenmilieu.

4.3. VERLUCHTING EN VENTILATIE

4.3.1. AFZUIGKAP BOVEN HET FORNUIS

De aan- of afwezigheid van een dampkap boven het kookfornuis blijkt op basis van deze dataset geen invloed te hebben op het TVOS-gehalte in het binnenmilieu. Ook het type dampkap, meer bepaald het afvoersysteem (via een buitenmuur, via een schouw of met een eigen opvangsysteem) bleek het TVOS-gehalte in de woningen niet te beïnvloeden. Dit resultaat kan beïnvloed zijn door het feit dat waarschijnlijk niet in elke woning even frequent of intensief gekookt werd tijdens de meetcampagne.

4.3.2. TYPE VENTILATIESYSTEEM

Bij groepering van de woningen volgens ventilatiesysteem type (ventilatiesysteem A - natuurlijke ventilatie, ventilatiesysteem B - toevoer met ventilatoren, ventilatiesysteem C - afzuiging met ventilatoren en systeem D - balansventilatie) worden geen significante verschillen gevonden in het voorkomen van TVOS, individuele VOS componenten en aldehyden in het binnenmilieu. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de overgrote meerderheid van de woningen (292 woningen) niet beschikte over een mechanisch ventilatiesysteem; de tweede grootste groep waren woningen met ventilatieroosters in ramen en/of deuren. Slechts 10 woningen beschikten over een ventilatiesysteem type B, 10 over type C en 16 over een ventilatiesysteem type D. De groepen waren dus erg ongelijk verdeeld, welk het vinden van een onderscheid tussen de groepen niet bevordert.

De aanwezigheid van ventilatieroosters bleek geen significante verhoging van tocht (gemeten als windsnelheid) in het binnenmilieu met zich mee te brengen.

Het definiëren van een parameter waarin bevraagd wordt of verlucht werd tijdens de metingen, blijkt op basis van deze gegevens geen geschikte parameter als maat voor gebouwverluchting. De groep bewoners die antwoordden niet verlucht te hebben tijdens de campagne, bleken immers een lager CO₂ gehalte in de woning te hebben dan bewoners die antwoordden te verluchten (significant op P95).

4.4. POSITIE KEUKEN TEN OPZICHTE VAN WOONKAMER

De al dan niet aanwezigheid van een open keuken blijkt geen invloed te hebben op het TVOS-gehalte dat gemeten wordt in de woonkamer.

4.5. ANDERE BRONNEN

4.5.1. INRICHTING

In een beperkte groep van 10 Surveillance woningen uit 2011, was er een indicatie dat furfural, een aldehyde dat typisch in verband gebracht wordt met kurkmaterialen, verhoogd voorkwam in woningen waarin muur- of vloerbekleding uit kurk aanwezig is. Onderzoek naar deze hypothese in een grotere groep woningen, die bestaat uit de 90 woningen in 2012 en de 10 bestudeerde woningen in 2011, toonde echter aan dat er geen significant verschil gevonden wordt tussen furfural in woningen met en zonder kurkmaterialen.

4.5.2. GEBRUIKTE PRODUCTEN

Analyse van de dataset toonde geen significante verhoging van limoneen en/of pineen aan in woningen waarin luchtverfrissers gebruikt worden.

Het rapporteren van een recent gebruik van verf en/of vernis in de woning blijkt ook de meetresultaten voor TVOS, toluen, totaal aldehyden, formaldehyde of acetaldehyde niet te beïnvloeden.

4.5.3. VERBRANDINGSGASSEN

De aanwezigheid van motorvoertuigen in een garage, met een directe verbindingsdeur naar de woning, veroorzaakt geen uitgesproken, significante verhoging van verkeersgerelateerde VOS componenten of van NO₂ in de woning. Alhoewel niet significant, worden wel verhoogde gemiddelde concentraties voor MTBE, voor benzeen, en voor xyleen-isomeren aangetroffen in de bestudeerde woningen met een aansluitende garage.

De afstand van de verbindingsdeur ten opzichte van de meetplaats in de woonkamer, de verluchting van woonkamer en garage, het gebruik van de verbindingsdeur en de luchtdichtheid ervan beïnvloeden dit verband uiteraard.

4.5.4. ROKEN

In de woningen waarin gerookt werd tijdens het uitvoeren van de metingen, werd gemiddeld een significant verhoogde TVOS concentratie aangetroffen, op het 95% betrouwbaarheidsniveau: in woningen met rokers bedraagt het gemiddelde $473 \pm 336 \mu\text{g}/\text{m}^3$, terwijl dit in woningen zonder rokers $364 \pm 345 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt. De hoogste TVOS-concentratie werd echter aangetroffen in een niet-rokers woning.

HOOFDSTUK 5. EMERGING POLLUTANTS

Dit hoofdstuk had tot doel om pollutanten in kaart te brengen, die totnogtoe nooit opgenomen werden in binnenmilieu meetcampagnes, maar waarvan de blootstelling, het voorkomen en de toxicologische effecten nog niet helemaal gekend zijn terwijl ze toch meer aandacht verdienen. De componenten die, na vooronderzoek, meer in detail bestudeerd werden zijn: (1) extra VOS-componenten, (2) ftalaten, (3) MVOS en (4) aldehyden.

5.1. KRUISTABEL EMERGING POLLUTANTS ALS BASIS VOOR VERDERE STAPPEN

Initieel werd een inventaris gemaakt van beschikbare wetenschappelijke literatuur, waarin het voorkomen, of toxicologische / epidemiologische aanwijzingen van deze zogenaamde emerging pollutants gerapporteerd worden (fase 1). Op basis van dit overzicht werd vervolgens de meetbaarheid van elke opgelijste component beschreven. De meetbaarheid werd hierbij beschouwd als de complexiteit van de optimalisatie van de meet- en analysemethode voor een component, die nodig is alvorens deze in verkennende veldstudies te kunnen opnemen (fase 2). Nadien werden optimalisaties en/of verkennende veldstudies uitgevoerd voor een selectie componenten (fase 3).

5.1.1. FASE 1: KRUISTABEL EMERGING POLLUTANTS

In deze kruistabel worden chemische binnenluchtcontaminanten gerelateerd aan publicaties uit beleid en onderzoek. Hierbij worden onder het thema beleid en onderzoek de volgende documenten opgenomen:

- Veldstudies: Clean Air Low Energy (2012), BiBa 2009, Surveillance 2012-2008, FLIES 2007, SAMI, RCIB, OQAI 2007 (Fr)
- Beleidsdocumenten: Vlaams Binnenmilieubesluit, Grenelle (Fr), SCHER 2007, ESF 2009, WHO
- Impactstudies, beleidsondersteunend onderzoek: Thade 2002, FOD vloerbekleding 2009, ENVIE deliv.4 2009, INDEX 2009, Product Policy in the context of indoor environment quality 2005
- Documenten met data over emissies van bouwmaterialen en consumentenproducten: ENVIE 2008, Danish Environmental Protection Agency
- Publicaties in wetenschappelijke tijdschriften
- Potentiële gezondheidseffecten ten gevolge van de individuele componenten

De opgenomen componentfamilies van chemische contaminanten van de binnenlucht zijn de volgende:

Reactieve moleculen, PM, zware metalen, VOS (Vluchtige Organische Stoffen) primaire emissies, VOS precursoren voor secundaire emissies, VOS secundaire reactieproducten, SVOS (ftalaten, vlamvertragers, parabenen, fosfororganische verbindingen, pesticiden, ...) en MVOS (microbiële Vluchtige Organische Stoffen)

Deze kruistabel (zie Overzicht_Emerging_Pollutants.xls) toont duidelijk dat we momenteel niet voor elk van deze componenten over voldoende informatie beschikken om het voorkomen in het binnenmilieu realistisch in te schatten. Het is bijgevolg op basis van de bestaande informatie niet mogelijk om te bepalen of er voor Vlaanderen meer aandacht naar deze polluenten zou moeten uitgaan. We kunnen op basis van het overzicht drie types componenten onderscheiden:

- Type 1: Componenten waarvan de bronnen en de risico's reeds langere tijd gekend zijn. Deze componenten zijn opgenomen in beleidsondersteunend onderzoek, in beleidsdocumenten en in regionale en nationale meetcampagnes; realistische concentratieniveaus voor Vlaanderen zijn gekend of worden in lopend onderzoek bepaald.
- Type 2: Componenten waarvan de bronnen en de risico's reeds langere tijd gekend zijn. Deze componenten zijn opgenomen in beleidsondersteunend onderzoek, in beleidsdocumenten (evt. in andere landen); maar realistische concentratieniveaus voor Vlaanderen zijn niet gekend.
- Type 3: Componenten geprioritiseerd in recente publicaties of in beleidsondersteunend onderzoek. Er is weinig geweten over het voorkomen in Vlaamse binnenmilieus. Ook de gezondheidseffecten op lange termijn zijn soms niet volledig gekend. Dit omdat de potentiële gezondheidseffecten slechts recent aan het licht kwamen of doordat het gebruik van deze componenten in de maatschappij eerder recent is.

Om de output van dit onderzoeksluik 'Emerging pollutants' te maximaliseren, wordt in eerste instantie gefocust op componenten uit Type 2 (paragraaf 5.2), vervolgens op componenten uit Type 3 (paragraaf 5.3).

5.1.2. FASE 2: OVERZICHT VAN DE MEETBAARHEID

Om meer inzicht te verkrijgen in het voorkomen van de componenten omvat in Vlaamse woningen in Type 2, wordt de meetbaarheid van deze componenten, gebruikmakend van de meetprocedure zoals deze toegepast wordt binnen de "Surveillance van de Gezondheidskwaliteit in Vlaamse woningen", nader bestudeerd.

Dit overzicht wordt getoond in Tabel 14. Hierbij wordt per VOS-component een aanduiding gegeven van de complexiteit voor de optimalisatie van de meetmethode, die nog nodig is alvorens deze pollutant te velde gemeten kan worden. Hierbij wordt uitgegaan van staalname op de radiello passieve sampler op basis van actieve kool, gevolgd door chemische desorptie van het patroon met koolstofdissulfide (CS_2). De mate van optimalisatie die nodig is, wordt weergegeven door middel van een score.

Een overzicht van de gradaties in complexiteit, die geïdentificeerd werden, wordt getoond in Tabel 12. De volgende betekenissen horen bij elke score:

- Een analyse met score A vereist de minst complexe optimalisatie; hiervoor moet een ijklijn aangemaakt worden.
- Score A^a vereist een theoretische berekening van de diffusiecoëfficiënt (opnamesnelheid) van deze component op het actieve kool patroon,
- Score A^b impliceert dat deze component niet te desorberen is via chemische desorptie met CS_2 , en een meer polair solvent is nodig.
- Een component krijgt score B wanneer deze niet te meten is gebruik makende van het actieve kool patroon en chemische desorptie met CS_2 . Voor deze componenten moet een ander adsorbens gebruikt worden.
- Score C zijn componenten waarvoor geen NIOSH of OSHA meetmethode bestaat.

■

Tabel 12 *Overzicht van de gradaties in complexiteit, die toegekend werden aan elke component*

A	Actieve kool – chemische desorptie (CS ₂) – opnamesnelheid gekend
A^a	Actieve kool – chemische desorptie (CS ₂) – opnamesnelheid gekend
A^b	Actieve kool – chemische desorptie (CS₂) – opnamesnelheid gekend (polaire componenten)
B	Actieve kool – chemische desorptie (CS₂) – opnamesnelheid gekend (ander adsorbens nodig)
C	geen NIOSH of OSHA methode

Vervolgens wordt deze lijst van VOS-componenten gekoppeld aan een full scan screening, van de eerste 43 stalen uit de Surveillance 2010, om het voorkomen van deze componenten na te gaan in de praktijk. Deze informatie wordt in Tabel 14 weergegeven in de kolom ‘Relevantie VOS praktijk – Full scan surveillance stalen’. Componenten die niet boven de detectielimiet van de meettechniek voorkomen in deze set stalen, worden in dit overzicht niet aangeduid. Aanvullend worden componenten, geprioritiseerd in wetgeving (richtwaarden, grenswaarden en interventiewaarden) aangeduid in de kolom ‘Relevantie VOS Beleid’; componenten geprioritiseerd in beleidsondersteunend onderzoek worden aangeduid in de kolom ‘Relevantie VOS Beleidsondersteunend onderzoek’.

5.2. UITBREIDING VAN DE SURVEILLANCE DATASET MET EXTRA VOS-COMPONENTEN

Uit het overzicht, getoond in Tabel 14, blijkt dat de componenten n-heptaan, n-nonaan, n-decaan, n-undecaan, n-dodecaan, toluen, xyleenisomeren, n-butylacetaat, d-limoneen, α -pineen, 3-careen, n-tridecaan en n-tetradecaan in de grootste hoeveelheden en in hoogste frequentie voorkomen in binnenluchtstalen, gecollecteerd in de Surveillance woningen 2010. Het overzicht toont echter dat niet elk van deze componenten geprioritiseerd werd door zowel beleid als wetenschappelijk onderzoek. Een aantal van de meest voorkomende componenten is reeds opgenomen in de standaardset van gedetecteerde VOS componenten van de Surveillance naar klachtenvrije woningen. Anderen worden dan wel aangeduid in beleidsstudies en/of in beleidsondersteunend onderzoek, maar worden momenteel niet geanalyseerd. Deze zijn: n-heptaan, n-nonaan, n-decaan, n-undecaan, n-dodecaan, n-butylacetaat, d-limoneen, α -pineen, 3-careen. De score (gradaties van complexiteit) aangeduid in Tabel 14 toont dat dit mits optimalisatie, mogelijk zou zijn met de huidige meettechniek. Gezien hun moleculaire structuur zijn voornamelijk butylacetaat, d-limoneen, α -pineen en 3-careen potentieel gevoelig aan secundaire reacties in het binnenmilieu, daarom zijn ze relevant in het kader van dit onderzoek naar emerging pollutants.

Een ijklijn werd opgesteld voor n-butylacetaat, d-limoneen, α -pineen, en 3-careen. Deze componenten werden vervolgens kwantitatief bepaald in de laatste 13 stalen van de Surveillance 2010. Op basis van deze resultaten werd nadien beslist om deze componenten op te nemen in de Surveillance 2011-2012.

Tabel 13 Uitgevoerd stappenplan

2010-1 Precursoren voor secundaire reacties	
-	Full scan screening van de eerste 43 Surveillance 2010 stalen
-	Aanmaken overzicht meetbaarheid/voorkomen in Surveillance/beleid/beleidsondersteunend onderzoek
-	Aanmaken ijklijn voor limoneen, pineen, careen en butylacetaat
-	Kwantificeren van limoneen, pineen, careen en butylacetaat in de laatste ($\pm$) 10 stalen uit Surveillance 2010

Tabel 14 Overzicht van VOS-componenten, met aanduiding relevantie voor verder onderzoek

	Relevante VOS PRAKTIJK (full scan surveillance stalen)	Relevantie VOS BELEID (BiMi, Grenelle, RCIB)	Relevantie VOS BELEIDSONDERSTEUNEND ONDERZOEK (Impactstudies, beleidsondersteunend onderzoek)
A		TVOS	
A			cyclohexaan
A			n-hexaan
A	n-heptaan		n-heptaan
A	n-nonaan		n-nonaan
A	n-decaan		n-decaan
A	n-undecaan		n-undecaan
A	n-dodecaan		n-dodecaan
A		trichloroetheen	trichloroetheen
A		tetrachloroetheen	
A		benzeen	benzeen
A	tolueen	tolueen	tolueen
A		ethylbenzeen	ethylbenzeen
A	xyleenisomeren	xyleenisomeren	xyleenisomeren
A		1,2,4-trimethylbenzeen	1,2,4-trimethylbenzeen
A		styreen	styreen
A			cumeen
A		1,4-dichlorobenzeen	
A	butylacetaat	butylacetaat	
A	limoneen	limoneen (CRIPI)	limoneen
A	pineen		pineen

Tabel 14 – deel 2

	Relevante VOS PRAKTIJK (full scan surveillance stalen)	Relevantie VOS BELEID (BiMi, Grenelle)	Relevantie VOS BELEIDSONDERSTEUNEND ONDERZOEK (Impactstudies, beleidsondersteunend onderzoek)
A ^a	careen		careen
A ^b			2-ethyl-1-hexanol (iso-octanol)
A ^b			2-methoxyethanol (EGME)
A ^b			2-methoxyethylacetaat (EGMEA)
A ^b		2-butoxyethanol (EGBE)	2-butoxyethanol (EGBE)
A ^b			naftaleen
A ^b			ethanol
A ^b			2-propanol (iso-propanol)
A ^b			1-butanol
B			vinyl chloride
B			fenol
C	n-tridecaan		n-tridecaan
C	n-tetradecaan		n-tetradecaan
C			triclosan (5-chloor-2-(2,4-dichloorfenoxy)fenol)
C			methyl-di-isocynaat

De resultaten van deze extra VOS-analyse van de laatste 13 stalen van Surveillance 2010 worden getoond in Tabel 15:

Tabel 15 Resultaten extra VOS analyse in de laatste 13 stalen van Surveillance 2010

[$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	n-Butylacetaat	α -Pineen	3-Careen	d-Limoneen
Gemiddelde	3.9	8.0	2.2	22.1
(min-max)	(0.8-13.5)	(0.8-17.8)	(0.2-6.6)	(6.8-110)
Mediaan	2.3	6.6	1.7	9.4

Deze resultaten tonen een relatief grote spreiding van het voorkomen van deze VOS in het binnenmilieu. Het voorkomen van deze polluenten is dan ook sterk gerelateerd aan het gebruik van (consumenten)producten die deze componenten bevatten, en aan andere beïnvloedende factoren, zoals woningverluchting. De grootste spreiding wordt waargenomen voor d-limoneen. D-Limoneen is de gekende citrusgeur. Het is een erkend allergeen en is tevens in het binnenmilieu gevoelig voor secundaire reacties met ozon. Het zo gevormde reactieve intermediaire ozonide en het secundair organisch aerosol (UFP), worden in verschillende internationale publicaties geprioritiseerd door de gezondheidseffecten die ze teweeg kunnen brengen. In één van de woningen werd een concentratie van $110 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ aangetroffen.

5.3. DETECTIE VAN FTALATEN IN BINNENMILIEU

5.3.1. OPTIMALISATIE OP LABORATORIUMSCHAAL EN PRELIMINAIR ONDERZOEK IN REËLE SITUATIES

Dit deel van het onderzoek naar emerging pollutants vestigde aandacht op componenten, geïdentificeerd als Type 3 volgens paragraaf 5.1.1 (i.e. componenten geprioritiseerd in recente publicaties of in beleidsondersteunend onderzoek, weinig geweten over het voorkomen in Vlaamse binnenmilieus). Ook de gezondheidseffecten op lange termijn zijn soms niet volledig gekend. Dit omdat de potentiële gezondheidseffecten slechts recent aan het licht kwamen of doordat het gebruik van deze componenten in de maatschappij eerder recent is).

In deze eerste fase worden stappen ondernomen om ftalaten in het binnenmilieu te detecteren. De meetbaarheid van de ftalaten DEHP (di-2-ethylhexyl ftalaat), DNP (di-isononyl ftalaat), DHP (di-n-hexyl ftalaat), DCHP (di-cyclo-hexyl ftalaat), BBP (benzyl butyl ftalaat), DEP (diethyl ftalaat), DBP (dibutyl ftalaat), DMP (Dimethylftalaat), DOP (Di-octylftalaat), DDP (di-isodecyl ftalaat) werd hiervoor nagegaan. Een overzicht van de gevolgde stappen wordt getoond in Tabel 16.

Uit deze eerste test blijkt dat de ftalaten DEHP (di-2-ethylhexyl ftalaat), BBP (benzyl butyl ftalaat), DEP (diethyl ftalaat), DBP (dibutyl ftalaat), DMP (Dimethylftalaat), DOP (Di-octylftalaat), en bis-(2-ethylhexyl) adipaat meetbaar zijn in een bereik van 1-50 ng met de huidig voorgestelde meetprocedure (d.i. gebruikmakend van de PDMS-tenax buisje met actieve bemonstering). Vervolgens werd een ijklijn opgesteld voor elk van deze ftalaten en werd de meetmethode voor staalname in het binnenmilieu geoptimaliseerd. Een 5-tal stalen werd gecollecteerd in niet-surveillance woningen. De concentraties DEHP, BBP, DEP, DBP, DMP, DOP, en bis-(2-ethylhexyl) adipaat uit deze 5 stalen werden kwantitatief bepaald en gerapporteerd.

Tabel 16 Overzicht van de stappen gevolgd voor de optimalisatie op laboratoriumschaal

2010 Try-out detectie van ftalaten in binnenmilieu
- Aanmaken ijklijn DEHP, BBP, DEP, DBP, DMP, DOP, en bis-(2-ethylhexyl) adipaat
- Optimalisatie meetmethode (bemonsteringstijd, debiet, ...)
- 5-tal stalen verzamelen in niet-surveillance woningen
- Kwantitatieve bepaling van de 7 ftalaten in 5 stalen

Met deze nieuwe proefopstelling werden in 4 woningen en 1 laboratorium stalen voor ftalaatanalyse genomen. Realistische concentratieniveaus, gerapporteerd in de literatuur, werden gebruikt om het aanzuigdebiet en de bemonsteringsduur vast te leggen. De resultaten worden in Tabel 17 gerapporteerd. Voor een aantal ftalaten, nl. benzyl-butylftalaat, en bis(2-ethylhexyl)adipaat, wordt een relatief hoge blanco-waarde gemeten ten opzichte van de waargenomen concentraties in de woningen. Ook voor di-n-butylftalaat en bis(2-ethylhexyl)ftalaat worden blanco-waarden waargenomen, maar de waargenomen concentraties in woningen zijn heel wat hoger dan de bijhorende blanco. De ftalaten die in hoogste concentratie aangetroffen werden in de woningen zijn zonder twijfel di-n-butylftalaat en diethylftalaat. In de meest recent gebouwde en gedecoreerde woning werd de hoogste concentratie diethylftalaat gemeten.

Tabel 17 Resultaten van de eerste try-out voor ftalaatmetingen gebruikmakend van de PDMS-tenax-methode

		Blanco ng/m ³	labo ng/m ³	Woning 1 ng/m ³	Woning 2 ng/m ³	Woning 3 ng/m ³	Woning 4 ng/m ³
Dimethylftalaat	DMP	0,2	1,3	25	13	15	5,0
Diethylftalaat	DEP	0,7	25	114	108	82	346
Di-n-butylftalaat	DBP	7,0	119	213	159	88	51
Benzyl butylftalaat	BBP	9,0	11	11	18	14	13
Bis(2-ethylhexyl)adipaat	BEHA	9,6	< 10	11	< 10	11	48
Bis(2-ethylhexyl)ftalaat	DEHP	9,7	39	29	51	37	44
Di-n-octylftalaat	DNOP	3,1	3,0	3,4	3,9	3,3	3,7

5.3.2. VERKENNEND ONDERZOEK NAAR FTALATEN IN SURVEILLANCE KLACHTENVRIJE WONINGEN

In dit experiment werden de 7 ftalaten (zoals opgelijst in Tabel 17) gemeten in 2 surveillance klachtenvrije woningen per provincie (10 stalen in totaal). Hiertoe ontving de verantwoordelijke van elke provincie een handleiding voor de staalname (getoond in Figuur 10) en een pakket met materiaal voor metingen in 2 surveillance woningen. Veldwerk werd uitgevoerd in de periode november -december 2011.

De 10 stalen werden geanalyseerd op de aanwezigheid van de 7 ftalaten; de resultaten worden gerapporteerd in Tabel 18.

Figuur 10 Handleiding voor de metingen van ftalaten gebruikmakend van de nieuwe staalname-techniek

Bemonstering ftalaten met indooarsampler.	
1. Benodigdheden. GSA pompje met adapter uitgerust met een siliconendarm. Perkin-Elmer adsorptiepatroon (foto) Koperkleurige afdichtingen met 2 sleutels. (foto)	
	
2. Werkwijze. De bemonstering gebeurt in de woning op een hoogte van ong. 1m50 (vb. op een kast) gedurende 24 uur. Noteer de pomp- en patroonnummering: Pompnr.: MIE-IGA-XXX Patroonnr.: M 105642 Koperkleurige afdichtingen aan beide kanten van het adsorptiepatroon verwijderen m.b.v. de 2 meegeleverde sleutels. Deze afdichtingen goed bewaren om na de bemonstering de patronen terug zorgvuldig te kunnen afsluiten. De siliconen darm van de pomp aan het niet-gegroefde uiteinde koppelen (ong 1 cm). Adapter aan pomp bevestigen (connectie) en in stopcontact steken. Pompje starten door op "start" te drukken. Na enkele ogenblikken zal op de display "SGA350 not call" verschijnen. Vervolgens op "MENU" drukken, op de display zal "100" verschijnen (=pompebiet in ml/min). Nogmaals op "start" drukken, er zal een groen lampje oplichten en de meting is gestart. Noteer steeds starttijd tzt. datum/uur/ minuut. Na 24 uur bemonsteren kan je het pompje stoppen door op "stop" te drukken. Noteer nu de stoptijd tzt. datum/uur/ minuut. Vervolgens het patroontje loskoppelen van de siliconen darm, terug de koperen afdichtingen aanbrengen aan beide uiteinden en dichtschroeven met de sleutelset. (foto) Adapter uit stopcontact trekken en alle bemonsteringsapparatuur bewaren bij kamertemperatuur (NIET KOELEN).	
Opmerking: Niets schrijven op de patronen, ook geen etiketten aanbrengen op deze buisjes, er staat immers een nummer op!	
Locatie 1	Locatie 2
Pomp nr.	Pomp nr.
Patroon nr.	Patroon nr.
Startgegevens	Startgegevens
Stopgegevens	Stopgegevens

DEP en DBP worden geïdentificeerd als hoogst geconcentreerde ftalaten in de binnenlucht van deze set van Vlaamse surveillance woningen. Tevens komen deze twee ftalaten voor met de grootste spreiding in deze set woningen, respectievelijk $3.6-1380 \text{ ng.m}^{-3}$ voor DEP en $17.6-1190 \text{ ng.m}^{-3}$ voor DBP. Voor DBP werd een referentie toegevoegd (Weschler and Nazaroff, 2008), die de spreiding op de concentratie van deze laatste component bevestigt. De gemiddelde waarde van BEHP is van dezelfde grootteorde, echter, de standaardafwijking op de gemiddelde waarde is groter dan de waarde zelf. DMP werd in de woningen aangetroffen in concentraties tussen 2.3 en 64 ng.m^{-3} , slechts in één woning werd een waarde aangetroffen van 454 ng.m^{-3} . BBP en BEHA komen in deze dataset slechts in lage concentraties in de binnenlucht voor, de toegevoegde referentie toont dat de minder vluchtige DEHP zich voornamelijk in de stoffractie zou bevinden.

Deze meettechniek, gebaseerd op het bemonsteren van lucht op PDMS-tenax patronen, blijkt bijzonder geschikt voor het bepalen van ftalaten in het binnenmilieu, en werd met succes toegepast door de veldwerkers. Het biedt een zeer gunstig alternatief voor de meer traditionele metingen van ftalaten, welke typisch uitgevoerd wordt met hoog volume pompen (aanzienlijk grotere afmetingen en geluidshinder).

Ftalaten komen zowel voor in lucht en in de stoffractie van het binnenmilieu. De publicatie toegevoegd aan Tabel 18, toont de verdeling van ftalaten tussen luchtfractie (uitgedrukt in ng.m^{-3}) en stoffractie (uitgedrukt in ng/g). De hier ontwikkelde techniek zou theoretisch de gasfase en een deel van de stoffractie bemonsteren, de deeltjesgrootte van de gecapteerde stoffractie is echter onbekend. Om na te gaan (1) welk deel van de stoffractie op het hier gebruikte PDMS-tenax patroon bemonsterd wordt, en (2) hoe de verschillende ftalaten zich verdelen tussen de verschillende PM fracties, werd het voorstel ftalaten 2012 geformuleerd. De resultaten hiervan worden gerapporteerd in de volgende paragraaf.

Tabel 18 Resultaten van 10 Surveillance klachtenvrije woningen

		West- VI 1 ng/m ³	West- VI 2 ng/m ³	Limb 1 ng/m ³	Limb 2 ng/m ³	Oost- VI 1 ng/m ³	Oost- VI 2 ng/m ³	Antw 1 ng/m ³	Antw 2 ng/m ³	VI-Bra 1 ng/m ³	VI-Bra 2 ng/m ³	Surveillance woningen ng/m ³		Weschler and Nazaroff, 2008	
												Gemiddelde	Standaardafw.	Lucht ng/m ³	Stof µg/g
Dimethylftalaat	DMP	63,7	8,8	3,4	2,3	56,4	14,6	57,8	10,9	454	16,7	68,9	138		
Diethylftalaat	DEP	437	213	65,2	3,6	1380	69,2	210	53,8	161	85,4	268,2	411		
Di-n-butylftalaat	DBP	583	524	116	17,6	153	95,7	283	334	1190	71,5	337,0	356	200-1200	20-200
Benzyl butyl ftalaat	BBP	3,5	20,6	2,1	0,4	9,8	7,1	10,0	12,2	15,3	13,9	9,5	6,4	5-80	15-150
Bis(2-ethylhexyl)adipate	BEHA	4,4	6,0	3,8	1,6	12,2	4,7	4,1	3,5	18,1	5,6	6,4	5,0	5-15	2-10
Bis(2-ethylhexyl)ftalaat	DEHP			interferentie				681	100	87,6	58,0	231	300	50-500	300-900
Di-n-octylftalaat	DNOP	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7	<0,7				

5.3.3. STUDIE VAN DE FTALATEN IN GAS- EN STOFFRACTIE AANWEZIG IN DE BINNENLUCHT

Dit experiment had enerzijds tot doel om na te gaan welke de verdeling is van de verschillende ftalaten in de stoffracties in suspensie. Daarnaast werd de verdeling van de ftalaten tussen de gasfase en stoffracties in suspensie nagegaan en werd bestudeerd hoe de resultaten van de metingen met de nieuwe PDMS-tenax methode zich gedragen ten opzichte van deze van de stofconcentraties (aangezien in de literatuur vermeld werd dat PDMS-tenax ook een deel van de stoffractie, nl. PM_{10} , zou bemonsteren).

Naarmate de moleculaire massa van de ftalaten toeneemt, neemt de dampdruk af, waardoor hun voorkomen in de stoffractie toeneemt en de fractie in gasfase afneemt. Dit heeft tot gevolg dat DMP voornamelijk voorkomt in de gasfase, terwijl DNOP hoofdzakelijk voorkomt in de stoffractie. De componenten met moleculaire massa's hiertussen worden gekarakteriseerd door een verdeling tussen stoffractie en gasfase (Weschler et al. 2008). In de literatuur wordt de verdeling van ftalaten tussen gasfase en bezonken stof aanzienlijk minder frequent bestudeerd en gerapporteerd dan de verdeling tussen gasfase en stof in suspensie. Omwille van deze reden werd in dit experiment geen bezonken stof bemonsterd.

Aangezien ftalaten in het binnenmilieu in de literatuur typisch gerapporteerd worden als '*total airborne concentration*' of 'totale luchtconcentratie', als som van gasfase en stofconcentraties (Weschler et al. 2008), is het interessant te bestuderen welke concentratie-grootteordes respectievelijk in de PM-fracties en op de PDMS-tenax patronen geregistreerd worden, om zo de waarde van de PDMS-tenax methode voor eventuele toepassingen in meetcampagnes te evalueren.

Stalen werden genomen in twee studio's, telkens met de functie slaap- en woonkamer. Fijn stoffracties werden verzameld met Harvard-type impactoren (MS&T Area Samplers, Air Diagnostics and Engineering, USA), respectievelijk uitgerust met PM_1 , $PM_{2.5}$ en PM_{10} cut-off. Zoals aangeraden door de fabrikant, werden de metingen uitgevoerd met een luchtdebiet van 10 LPM, met uitzondering van PM_1 , welke uitgevoerd werd met een luchtdebiet van 28 LPM. De stofmetingen werden uitgevoerd gedurende 24 uur. Simultaan werden de PDMS-tenax patronen, eveneens gedurende 24 uur, bemonsterd, aan een luchtdebiet van 100 ml/min. De PDMS-tenax patronen werden telkens in drievoud bemonsterd.

Tabel 19 geeft een overzicht van de ftalaten die gemeten werden in het zwevend stof en de gasfase.

Op beide locaties wordt geen DMP gedetecteerd in de stoffracties; de blanco gecorrigeerde DMP concentratie gemeten met de PDMS-Tenax methode overschrijdt echter duidelijk de blanco-concentratie. DMP is dan ook de ftalaat die volgens de literatuur voornamelijk voorkomt in de gasfase. De concentratie DMP die gemeten werd op de eerste locatie is ook hoger dan deze die gemeten werd in de klachtenvrije woningen in 2011.

Ook DiBP, DBP, BEHA, DCHP en DNOP worden in de stoffracties niet aangetroffen in concentraties die de detectielimiet overschrijden. DEP en DEHP worden daarentegen wel aangetroffen in de stoffracties; dit telkens in hogere concentraties in grotere stoffracties.

Algemeen kan besloten worden dat de ftalaatconcentraties, gemeten met de PDMS-tenax methode, telkens deze in de stoffracties overschrijden; en bijgevolg het resultaat zijn van de belading van de gasfase én stof in suspensie. Volgens de literatuur komt DNOP hoofdzakelijk voor in de stoffractie, als gevolg van de hogere moleculaire massa. Feit dat (1) DNOP niet gedetecteerd werd in het zwevend stof met een aerodynamische diameter tot $10\ \mu m$ (PM_{10}), en dat (2) de PDMS-tenax methode alsnog een concentratie boven de detectielimiet registreerde, kan erop wijzen dat ook grotere deeltjes (TSP – Total suspended particulate matter, d.i. een som van alle zwevend stof) bemonsterd worden op het

PDMS-tenax patroon, welke aanleiding geven tot de lage DNOP-concentraties die geregistreerd werden.

Tabel 19 Ftalaten in gas-en stoffracties in suspensie in twee woonkamers

Woning 1/ blanco-gecorrigeerde concentraties								
		dampdruk	PM ₁ ng/m ³	PM _{2,5} ng/m ³	PM ₁₀ ng/m ³	Filter blanco ng/m ³	PDMS Tenax ng/m ³	PDMS-tenax blanco ng/m ³
Dimethylphthalate	DMP	-1,25	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	864 ± 246	11,3
Diethylphthalate	DEP	-1,83	2,8	7,7	10,0	0.8*/1.8**	22 900 ± 2500	114,3
Di-n-butylphthalate	DiBP	-3,47	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	6070 ± 1480	26,9
Benzyl butyl phthalate	DBP	-5,44	<0, 1	< 0,2	< 0,2	< 0,2	185 ± 53	11,9
Bis(2- ethylhexyl)adipate	BEHA	-5,08	< 0,25	< 0,5	< 0,5	< 0,5	29 ± 4	19,6
Bis(2- ethylhexyl)phthalate	DEHP	-6,85	9,8	25,7	33,5	3.4*/7.7**	432 ± 104	24,2
Dicyclohexylftalaat	DCHP		< 0,25	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
Di-n-octyl phthalate	DNOP	-7,41	< 0,15	< 0,3	< 0,3	< 0,3	14 ± 7	24,8

Woning 2/ blanco-gecorrigeerde concentraties								
		dampdruk	PM ₁ ng/m ³	PM _{2,5} ng/m ³	PM ₁₀ ng/m ³	Filter blanco ng/m ³	PDMS Tenax ng/m ³	PDMS-tenax blanco ng/m ³
Dimethylphthalate	DMP	-1,25	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	243 ± 13	11,3
Diethylphthalate	DEP	-1,83	3,2	5,5	7,3	0.8*/1.8**	6270 ± 185	114,3
Di-n-butylphthalate	DiBP	-3,47	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1140 ± 287	26,9
Benzyl butyl phthalate	DBP	-5,44	<0, 1	< 0,2	< 0,2	< 0,2	32 ± 22	11,9
Bis(2- ethylhexyl)adipate	BEHA	-5,08	< 0,22	< 0,5	< 0,5	< 0,5	29 ± 3	19,6
Bis(2- ethylhexyl)phthalate	DEHP	-6,85	7,9	16,9	21,0	3.4*/7.7**	410 ± 32	24,2
Dicyclohexylftalaat	DCHP		< 0,22	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
Di-n-octyl phthalate	DNOP	-7,41	< 0,3	< 0,3	< 0,15	< 0,3	3 ± 2	24,8

* blanco-waarde van PM₁₀ en PM_{2,5} metingen

** blanco-waarde van PM₁ metingen

5.4. DETECTIE VAN MVOS IN HET BINNENMILIEU

Dit onderzoek naar MVOS (microbiële vluchtige organische stoffen) werd opgestart in combinatie met de studie 'Clean Air, Low Energy', waarbij de luchtkwaliteit in lage-energie woningen en scholen in kaart gebracht werd, en beschouwd werd in functie van ventilatiesysteem, luchtdichtheid en totaal ventilatievoud (in opdracht van het Departement Leefmilieu, Natuur en Energie en Vlaams Energieagentschap). In dit onderzoek werd naast de fysico-chemische analyse van het binnenmilieu, ook biologische contaminatie van het binnenmilieu gekarakteriseerd. Gezien de complexiteit en de vereiste randvoorwaarden voor het meten van schimmels en bacteriën in de binnenlucht, zou een

alternatieve meting van MVOS in de binnenlucht, gebruikmakend van een eenvoudige staalnametechniek, vele voordelen bieden.

Aan de hand van het overzicht Emerging Pollutants en een literatuuroverzicht, worden in een eerste stap representatieve MVOS geselecteerd, die gebruikt kunnen worden als indicatoren voor microbiële activiteit in binnenruimten. Vervolgens worden 10 relevante woningen/klaslokalen uit de Clean Air, Low Energy woningen en scholen geselecteerd. In deze woningen werden eveneens luchtstalen genomen door middel van impactoren voor de bepaling van schimmels en bacteriën in zwevend stof, met de methoden zoals beschreven in de Eindrapportering van Clean Air Low Energy: <http://www.lne.be/themas/milieu-en-gezondheid/onderzoek/SchoneLuchtLageEnergie>).

5.4.1. LITERATUURONDERZOEK

Literatuuronderzoek (aangevuld in de overzichtstabel emerging pollutants), leidde tot een lijst van 29 potentiële MVOS in het binnenmilieu, elk aantoonbaar aanwezig in het binnenmilieu ten gevolge van microbiële activiteit op bouwmaterialen. Een aantal van deze studies rapporteert resultaten van testkamermetingen, specifiek naar emissies van bouwmaterialen waarop microbiële activiteit is, en een aantal ervan rapporteert metingen in gecontamineerde binnenmilieus. Voor de selectie van de meest representatieve indicator voor microbiële activiteit werden (1) MVOS, met andere (eventueel grotere) geïdentificeerde bronnen in het binnenmilieu, geëlimineerd. Zo werden α -pinen en d-limoneen, geurstoffen typisch toegevoegd aan consumptieproducten zoals schoonmaakmiddelen en persoonlijke verzorgingsproducten, niet opgenomen in de lijst. Verder (2) werd rekening gehouden met het aantal citaties per component, zoals dit bleek uit de literatuurstudie. Hiertoe werden ScienceDirect en Web of Science gescreend op publicaties met 'MVOS' of 'microbial volatile organic compounds' in de titel of in het abstract van de publicatie. De geëmitteerde componenten, vermeld in deze studies, werden opgelijst en op basis van het aantal vermeldingen werd de lijst van mogelijks relevante componenten geselecteerd, zoals getoond in Tabel 20.

Tabel 20 Lijst van mogelijks relevante MVOS componenten

Meest frequent gerapporteerd in literatuur: (3 of meer referenties)	3-methyl-1-butanol
	3-methyl-3-butene-1-ol
	1-octen-3-ol
	hexan-2-one
	heptan-2-one
	3-methylfuran
	dimethyldisulfide
	butylated hydroxytoluene
Minder frequent gerapporteerd in literatuur: (minder dan 3 referenties)	2-methyl-1-butanol
	1-hexanol
	3-octanol
	geosmin (4,8a-dimethyldecalin-4a-ol)
	2-methyl-isoborneol (1,6,7,7-Tetramethylbicyclo[2.2.1]heptan-6-ol)
	3-octanone
	2-methylfuran

Op basis van deze literatuurstudie werden volgende componenten geselecteerd: 3-methyl-1-butanol, 3-methyl-3-butene-1-ol, 1-octen-3-ol, hexan-2-one, heptan-2-one, 3-methylfuran, dimethyldisulfide, en butylated hydroxytoluene.

5.4.2. METINGEN VAN MVOS IN HET BINNENMILIEU

10 meetlocaties werden geselecteerd uit de woningen en scholen van de studie Clean Air, Low Energy. Bij de keuze van de woningen en de school werd rekening gehouden met deelname aan het biologisch onderzoek van 'Clean Air, Low Energy', om bij de identificatie van schimmels in het binnenmilieu de link naar de MVOS concentratie te kunnen leggen.

De deelnemers werden geïnformeerd over deze aanvullende studie op het veldwerk van Clean Air Low Energy, en rekeninghoudend met de te verwachten concentratieniveaus (gebaseerd op literatuur), werd de lucht in de woonkamer bemonsterd gedurende 1h aan een aangepast debiet van 100 ml/minuut. Er werd bemonsterd in 7 woningen en 3 klaslokalen van een deelnemende school.

De resultaten leverden echter geen concentratieniveaus op boven de detectielimiet, in sommige stalen werden de pieken in het chromatogram teruggevonden, in concentraties ver beneden het laagste ijkpunt en beneden de kwantificatiegrens. Een overzicht wordt getoond in Tabel 21. Deze vaststelling kan twee oorzaken hebben:

- Er was niet voldoende microbiële activiteit in deze geselecteerde groep woningen en klaslokalen om deze te identificeren door middel van de set van MVOS indicatoren
- De indicatoren uit de literatuur zijn niet geschikt om op eenvoudige en goedkope manier microbiële activiteit na te gaan in klachtenvrije woningen.

Deze mogelijke verklaringen werden verder nagegaan in Clean Air Low Energy. De gemeten luchtconcentraties schimmels en bacteriën worden getoond onderaan Tabel 21. Hieruit blijkt dat de metingen van schimmels en bacteriën duidelijk positieve waarden opleveren, terwijl de MVOS concentraties de detectielimiet niet overschrijden.

Merk op dat deze vaststellingen voorlopig niet bevestigen of ontkennen dat de vastgelegde MVOS indicatoren (Tabel 20) bruikbaar zijn in klachtenwoningen, om microbiële activiteit na te gaan. Wel kan besloten worden op basis van dit experiment, dat deze indicatoren afgeleid uit de literatuur, geen volwaardig alternatief bieden voor de meest gebruikte staalnamemethode, zijnde beladen van voedingsbodems door middel van impactoren.

Tabel 21 Overzicht van MVOS in de geselecteerde 10 meetplaatsen, en de overeenkomstige schimmels en bacteriën in de lucht

	Woningen [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]							Klassen [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]		
	R2	R4	R8	R19	R18	R3	blanco	Klas 1	Klas 2	Klas 3
3-methyl-1-butanol	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
1-hexanol	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
1-octen-3-ol	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
hexan-2-one	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
heptan-2-one	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
3-methylfuran	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
dimethyldisulfide	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Butylated hydroxytoluene	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Woonkamer										
Schimmels	9,9E+01	3,9E+02		1,1E+02	2,7E+02	2,1E+01		1,8E+02	1,1E+02	1,4E+02
Bacteriën	3,3E+02	4,0E+02	9,7E+02	6,4E+01	1,2E+03	2,3E+02		1,3E+03	3,7E+02	1,5E+03

5.5. STUDIE NAAR DE SAMENSTELLING VAN TOTAAL ALDEHYDEN

In de surveillance van klachtenvrije woningen wordt voor iedere woning de concentratie ‘totaal andere aldehyden’ gerapporteerd. Hierbij worden alle aldehyden, bemonsterd op de passieve Umex100 dosimeter, gesommeerd, en vervolgens verminderd met de concentratie formaldehyde en acetaldehyde. De parameter wordt gerapporteerd als één concentratie. Deze wordt dan voor de somparameter berekend rekening houdend met de opnameconstante van formaldehyde op de passieve sampler. De verzamelnaam ‘totaal andere aldehyden’ is een factor die opgenomen is in het Vlaams Binnenmilieubesluit, met een richtwaarde $\leq 20 \mu\text{g.m}^{-3}$.

5.5.1. IDENTIFICATIE EN KWANTIFICATIE VAN 10 EXTRA ALDEHYDEN

In dit derde luik van Emerging Pollutants worden, naast formaldehyde en acetaldehyde, 10 extra aldehyden geïdentificeerd en gekwantificeerd op basis van de Umex100 passieve sampler.

Gebaseerd op het overzichtsdocument ‘Emerging pollutants’ en op de meettechniek (LC-MS), werd de detectiemethode uitgebreid tot de kwantificatie van de volgende 10 aldehyden:

- acroleïne,
- propionaldehyde,
- crotonaldehyde,
- methacroleïne,
- butyraldehyde,
- benzaldehyde,
- valeraldehyde,
- m-tolualdehyde,
- hexaldehyde
- furfural

10 woningen werden geselecteerd voor het gedetailleerd onderzoek op basis van antwoorden op de vragenlijsten en op basis van de ligging van de woning. Naar aanleiding van het overzicht Emerging pollutants werd bijzondere aandacht gevestigd op de aanwezigheid van kurkvloeren of kurkmuren in de woningen, als mogelijke bron van furfural. De ligging van de woning werd hoofdzakelijk beschouwd om een min of meer gelijke verdeling van de geselecteerde woningen over de provincies heen te verkrijgen (ongeveer 2 woningen per provincie).

Tabel 22 toont een overzicht van de extra aldehyden, beschouwd naast formaldehyde, acetaldehyde totaal aldehyden en totaal andere aldehyden, en gekwantificeerd in 10 surveillance woningen. Uit deze analyse bleken acroleïne, crotonaldehyde en methacroleïne in deze set woningen voor te komen onder de detectielimiet van de meettechniek. Daarom worden ze niet opgenomen in Tabel 22.

Voor de berekening van de luchtconcentraties dient opgemerkt te worden dat niet voor elke component een opnameconstante ter beschikking is; zo werden valeraldehyde, tolualdehyde en furfural gerapporteerd rekening houdend met de opnameconstante van formaldehyde. Deze ontbrekende opnameconstanten (en de nodige informatie over de passieve sampler om de opname constante zelf te berekenen, indien geen experimenteel bepaalde waarde ter beschikking zou zijn) werden opgevraagd bij de leverancier, maar deze werden niet doorgegeven. Daarom wordt de luchtconcentratie, naar analogie met de bepaling van de luchtconcentratie van ‘totaal andere aldehyden’, berekend rekening houdend met de opnameconstante van formaldehyde.

De aldehyden die naast formaldehyde, in de grootste concentraties voorkwamen waren benzaldehyde en hexaldehyde, met respectievelijke maximale concentraties van $37 \mu\text{g.m}^{-3}$ en $33 \mu\text{g.m}^{-3}$. De maximale concentraties van deze twee componenten waren telkens hoger dan de 'totaal andere aldehyde' concentraties zoals vermeld in het Vlaams Binnenmilieubesluit.

Furfural kwam in deze set van 10 woningen in verhoogde concentraties voor wanneer kurkvloeren en -muren gerapporteerd werden in de vragenlijsten. Gemiddeld werd $1.73 \pm 2.5 \mu\text{g.m}^{-3}$ furfural waargenomen in woningen zonder kurkmateriaal, terwijl $4.5 \pm 3.9 \mu\text{g.m}^{-3}$ gemeten werd in woningen met kurkmateriaal. De spreiding op de waarde is te verklaren door de nabijheid van het kurkmateriaal bij het meetpunt in de woning. Statistische analyse van deze beperkte dataset uit 2011 naar correlaties voor bronidentificaties en voor het identificeren van gerelateerde componenten, is niet mogelijk, hiervoor is een grotere dataset nodig.

Tabel 22 Het voorkomen van de extra aldehyden in Surveillance klachtenvrijewoningen 2011

(*) opnameconstante van formaldehyde

De grijs ingekleurde woningnummers hebben kurkmateriaal aanwezig in de woning

COMPONENT		Formaldehyde	Acetaldehyde	Totaal aldehyde	Andere aldehyden (totaal)	Propionaldehyde	Butyraldehyde	Benzaldehyde	Valeraldehyde	m-Tolualdehyde	Hexanaldehyde	Furfural
		µg/m³	µg/m³	µg/m³ (*)	µg/m³ (*)	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³ (*)	µg/m³ (*)	µg/m³	µg/m³ (*)
1	ANT 64	28,1	4,11	47,4	15,3	1,58	1,49	11,19	1,38	< DL	14,6	2,58
2	ANT 69	21,3	4,79	42,2	16,0	0,97	< DL	25,30	0,35	< DL	9,87	0,32
3	BRA 68	41,7	2,55	51,9	7,6	1,00	1,08	3,37	1,14	< DL	9,23	1,14
4	BRA 69	43,4	6,24	61,0	11,3	1,96	< DL	7,31	< DL	1,56	< DL	< DL
5	LIM 66	17,1	3,90	35,1	14,1	2,02	0,82	7,33	1,26	1,47	20,6	< DL
6	LIM 68	27,8	6,25	50,2	16,1	1,48	0,86	15,64	0,82	0,70	11,5	2,88
7	OVL 63	20,8	7,63	39,8	11,4	1,84	1,13	7,13	1,30	< DL	15,0	1,17
8	OVL 64	2,2	1,01	4,2	0,9	0,35	< DL	< DL	< DL	< DL	1,16	4,68
9	OVL 67	30,9	12,5	88,4	44,9	2,06	2,68	37,73	3,48	< DL	33,5	11,3
10	OVL 70	17,6	6,86	43,9	19,4	1,06	0,66	30,18	0,83	0,17	7,72	1,31
11	WVL 62	21,2	3,23	30,5	6,1	1,79	1,01	3,25	0,73	< DL	7,02	0,59
12	WVL 67	17,1	6,64	59,8	36,1	0,90	0,64	13,72	0,76	0,48	13,7	7,40

Tabel 23 Het voorkomen van de extra aldehyden in Surveillance klachtenvrije woningen 2012

	Formaldehyde	Acetaldehyde	Propionaldehyde	Butyraldehyde	Benzaldehyde	Valeraldehyde	m-Tolualdehyde	Hexaldehyde	Furfural	Totaal aldehyde	T Andere aldehyden
Gemiddelde	24 ± 12	7,7 ± 6.0	1,9 ± 1.0	1,4 ± 0.7	9,5 ± 11	1,2 ± 1.1	0,7 ± 1.7	17 ± 15	1,5 ± 1.1	42 ± 17	11 ± 7.7
Mediaan	23	6,5	1,8	1,3	4,5	0,9	0,4	14	1,3	41	8,5
Minimum	0,2	1,2	< DL	< DL	0,3	< DL	< DL	< DL	< DL	1,6	< DL
Maximum	66	43	5	4	53	7	14	79	8	97	36
P25	16	3,8	1,2	0,9	2,3	0,6	0,3	8,2	0,9	30	5,5
P75	30	9,6	2,5	1,8	14,5	1,3	0,6	19	1,9	51	13

5.5.2. 10 EXTRA ALDEHYDEN IN SURVEILLANCE KLACHTENVRIJE WONINGEN 2012

De resultaten van furfural in woningen met kurkmaterialen worden beschreven in paragraaf 4.5. In een grotere groep woningen met kurkmaterialen bleek de spreiding op de concentratie te vergroten, waardoor geen statistisch significant verschil waargenomen werd.

Naast formaldehyde, vertonen benzaldehyde en hexaldehyde beide de grootste spreiding op de concentraties in het binnenmilieu. De maximum concentraties en P75 waarden zijn ook de grootste voor deze drie componenten. Propionaldehyde, butyraldehyde, m-tolualdehyde en valeraldehyde komen in de Surveillance klachtenvrije woningen van 2012 slechts voor in concentraties lager dan 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; de hoogste maximale concentratie bedroeg 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en werd gemeten voor propionaldehyde.

Dit experiment duidt benzaldehyde en hexaldehyde aan als meest abundante aldehyden in het binnenmilieu van klachtenvrije woningen, naast formaldehyde en in mindere mate acetaldehyde.

5.5.3. SCREENING – IDENTIFICATIE VAN CARBONYLVERBINDINGEN

In een gedetailleerde screening van het DNPH-extract van de Umex100 passieve sampler werd nagegaan of de geselecteerde aldehyden in paragrafen 5.5.1 en 5.5.2 representatief zijn voor de binnenlucht in Vlaamse woningen. Deze screening werd uitgevoerd door middel van UPLC (Thermo Accela), gecombineerd met een exacte massaspectrometer (Thermo Exactive MS, orbitrap type). Hierbij werd gezocht naar pieken behorend bij de exacte massa's van DNPH-derivaten van mogelijke aldehyden en ketonen. De geïdentificeerde aldehyden worden opgesomd in Tabel 24.

De aldehyden die deel uitmaken van de 10 gekwantificeerde componenten in de woningen 2012, worden in Tabel 24 aangeduid in vette letters. De componenten acroleïne, metacroleïne en crotonaldehyde komen, net als in de dataset 2012, niet voor in deze analyse van de twee stalen. Dit duidt er dan ook op dat ze effectief niet boven de detectielimiet zullen voorkomen in de woningen.

Ook o-tolualdehyde, p-tolualdehyde en p-anisaldehyde komen ook niet voor in de bestudeerde luchtstalen.

Er worden twee aldehyden boven de detectielimiet geïdentificeerd, die niet opgenomen werden in de set van 10 gekwantificeerde componenten: dit zijn isobutanal en nonanal. De pieken die op latere retentietijden aangetroffen werden zijn niet met zekerheid toe te kennen aan aldehyden, dit omdat op basis van de *library search* van de gefractioneerde massa's de piek zowel aan een aldehyde als een keton toegewezen werden: 4-heptanon of heptanal, 3-octanon of octanal en 2-decanon of decanal. Verder onderzoek (nieuwe standaarden) kan hierover uitsluitsel geven.

Tabel 24 Aldehyden in de binnenlucht, bepaald door een screening van 2 Umex 100 samplers

Naam	RT (min)	ANT-89	LIM-87
Formaldehyde	6,73	1	1
Acetaldehyde	9,98	1	1
Acroleïne	NF	0	0
Propionaldehyde	11,15	1	1
Furfural	11,23	0	1
Crotonaldehyde	NF	0	0
Metacroleïne	NF	0	0
Butyraldehyde	11,66	1	1
Isobutanal	11,70	1	1
benzaldehyde	12,04	1	1
Valeraldehyde	12,18	1	1
m-Tolualdehyde	12,32	1	1
Hexanaldehyde	12,45	1	1
Glutaraldehyde	NF	0	0
4-heptanone / heptanal	12,60	1	1
3-octanone / octanal	12,75	1	1
nonanal	12,89	1	1
2-decanone / decanal	12,98	1	1
o-tolualdehyde	NF	0	0
p-tolualdehyde	NF	0	0
p-anisaldehyde	NF	0	0

NF: not found

RT: retentietijd

In een Duitse adviestekst met betrekking tot aldehyden, werd door de Duitse Adviesgroep voor Binnenlucht Richtwaarden¹ het voorkomen van heptanal, octanal, decanal en nonanal in de binnenlucht bevestigd. Typische concentratieniveaus die gemeten werden in Duitsland worden getoond in Tabel 25. Hieruit blijkt dat van de opgelijste polluenten, hexanal in de hoogste concentratieniveaus voorkomt; dit in het bijzonder in gerenoveerde gebouwen. Deze component maakt reeds deel uit van de 10 geïdentificeerde en gekwantificeerde aldehyden.

Naast hexanal blijkt uit Tabel 25 vervolgens nonanal het aldehyde dat in hogere concentratieniveaus voorkomt ten opzichte van de andere aldehyden; de concentratie van deze verbinding is echter niet bijzonder verhoogd in gerenoveerde gebouwen (in tegenstelling tot hexaldehyde). Op basis van de gerapporteerde data in Tabel 25 komen heptanal, octanal en decanal in lagere concentraties voor op elk van de bestudeerde locaties in Duitsland.

¹ Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2009; 52:650-659

Tabel 25 Typische binnenluchtconcentraties in Duitsland¹

Component	Locatie	Mediaan – P95 – max [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Hexanal	586 Kinderkamers 2003-2006	10 – 30 - 92
	165 Klasloakalen 2004-2005	6 - 14
	273 Klassen en kinderopvang 2006	1 - 11
	98 Kantoren 2005-2008	7 – 42 - 79
	2318 Gerenoveerde gebouwen (woningen, scholen en kantoren)	14 – 106 - 1301
Heptanal	586 Kinderkamers 2003-2006	1 – 3 - 9
	165 Klasloakalen 2004-2005	-
	273 Klassen en kinderopvang 2006	<2 - 2
	98 Kantoren 2005-2008	<5 – 6 - 8
	2318 Gerenoveerde gebouwen (woningen, scholen en kantoren)	2 – 11 - 62
Octanal	586 Kinderkamers 2003-2006	2 – 4 - 7
	165 Klasloakalen 2004-2005	3 - 12
	273 Klassen en kinderopvang 2006	<2 - 2
	98 Kantoren 2005-2008	<5 - <5 - 6
	2318 Gerenoveerde gebouwen (woningen, scholen en kantoren)	3 – 13 - 49
Nonanal	586 Kinderkamers 2003-2006	7 – 15 - 30
	165 Klasloakalen 2004-2005	8 - 22
	273 Klassen en kinderopvang 2006	1 - 12
	98 Kantoren 2005-2008	6 – 15 - 26
	2318 Gerenoveerde gebouwen (woningen, scholen en kantoren)	7 – 28 - 150
Decanal	586 Kinderkamers 2003-2006	3 – 6 - 10
	165 Klasloakalen 2004-2005	4 - 15
	273 Klassen en kinderopvang 2006	<2 - <2
	98 Kantoren 2005-2008	<5 – 6 - 7
	2318 Gerenoveerde gebouwen (woningen, scholen en kantoren)	2 – 10 - 160

Over de gezondheidseffecten van aldehyden met minstens 4 koolstofatomen besloot de Duitse werkgroep dat er niet voldoende menselijke gegevens ter beschikking zijn. Op basis van dierenstudies werd irritatie geïdentificeerd als meest doorslaggevend gezondheidseffect dat resulteert uit ademhalingsblootstelling aan C4 tot C6 aldehyden, hoewel enkel voldoende bewijsmateriaal aanwezig was voor C4 aldehyden. Ontstekingen van het neusepitheel werden waargenomen bij studies naar inhalatoire subchronische blootstelling aan n-butanal en isobutanal. De drempelwaarde voor schadelijke effecten ten gevolge van chronische ademhalingsblootstelling aan isobutanal werd vastgelegd op 16 mg/m^3 door de Duitse Adviesgroep voor Binnenlucht Richtwaarden. Hieruit werd een richtwaarde van 2 mg/m^3 voor binnenlucht afgeleid. Verder werd, gezien de beperkte toxicologische kennis, een richtwaarde van 2 mg/m^3 voorgesteld voor de hogere homologen van butaldehyde, C4 tot C11. Geurhinder is echter het meest storende effect van hogere concentraties aldehyden in het binnenmilieu. Daarom wordt een zogenaamde

gezondheids voorzorgsmaatregel voorgesteld van 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor C4 tot C11 alkanen in binnenlucht.

Op basis van dit experiment kan besloten worden dat de set van 10 gekwantificeerde aldehyden representatief is voor Vlaamse woningen. Voor recent gerenoveerde gebouwen kan ook nonanal een belangrijke parameter zijn; en vervolgens is, gezien de bestudeerde gezondheidseffecten, meer kennis over het voorkomen van isobutanol interessant.

HOOFDSTUK 6. SURVEILLANCE RESULTATEN TEN OPZICHTE VAN VLAAMS BINNENMILIEUBESLUIT EN ANDERE RELEVANTE EUROPESE BINNENMILIEU RICHTWAARDEN EN NORMEN

6.1. RELEVANTE BINNENMILIEU RICHTWAARDEN, INTERVENTIEWAARDEN EN NORMEN

Tabel 26 toont relevante normen en richtwaarden voor de binnenluchtkwaliteit, die betrekking hebben op de componenten die gekarakteriseerd werden in het Surveillance-onderzoek in klachtenvrije woningen. De richt- en interventiewaarden die bijzonder belangrijk zijn in deze studie zijn deze opgenomen in het Vlaams Binnenmilieubesluit. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) richtwaarden, de richtwaarden voor het binnenmilieu geformuleerd door Anses en de US EPA toxicologische grenswaarden worden ter informatie toegevoegd; in paragraaf 6.4 wordt deze vergelijking meer in detail besproken.

Het dient opgemerkt te worden dat extra toegevoegde richtwaarden een kleiner aantal componenten beogen dan het Vlaams Binnenmilieubesluit.

Verder valt ook op dat zowel voor benzeen als trichlooretheen volgens de WHO geen drempelwaarde vastgelegd kan worden. Dit wil zeggen dat vooropgesteld wordt dat beide componenten zo laag mogelijk, liefst niet, voorkomen in het binnenmilieu. Ook Anses legt richtwaarden vast voor benzeen en trichlooretheen. Deze worden opgesplitst tussen een gemiddelde blootstelling gedurende 1-14 dagen en de gemiddelde blootstelling op lange termijn. Beide richtwaarden zijn hoger dan deze uit het Vlaams Binnenmilieubesluit. Gezien de afwezigheid van een drempelwaarde in de WHO-richtlijnen, zijn ze ook hoger dan wat WHO voorschrijft.

Formaldehyde is de derde component waarvoor zowel het Vlaams Binnenmilieubesluit, WHO als Anses een richtwaarde formuleren. Uit vergelijking blijkt dat de richtwaarde van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uit het Vlaams Binnenmilieubesluit (blootstellingstijd niet gespecificeerd) van gelijke grootte is als de lange-termijn richtwaarde in Frankrijk. De interventiewaarde voor formaldehyde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) is dan weer gelijk aan de richtwaarde voor lange-termijn blootstelling van WHO. De richtwaarde voor korte-termijn (2-uurs) blootstelling uit Frankrijk ligt tussen de andere waarden en bedraagt $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De tolueen toxicologische grenswaarde van US EPA ($400 \mu\text{g}/\text{m}^3$) overschrijdt de richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit ($260 \mu\text{g}/\text{m}^3$), terwijl de US EPA toxicologische grenswaarde voor acetaldehyde ($9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) aanzienlijk lager is dan de $4\ 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uit het Vlaams Binnenmilieu Besluit.

6.2. DE SURVEILLANCE DATASET TEN OPZICHTE VAN HET VLAAMS BINNENMILIEUBESLUIT

De laatste twee kolommen in Tabel 26 tonen het aantal overschrijdingen van richt- en interventiewaarden uit het Vlaams Binnenmilieubesluit en het procentueel aandeel hiervan ten opzichte van de gehele dataset.

Overschrijdingen van de richtwaarde voor formaldehyde en CO_2 uit het Vlaams Binnenmilieubesluit blijken het meest frequent voor de komen in klachtenvrije Vlaamse woningen; dit gebeurde in respectievelijk 93% en 94% over de woningen.

Daarnaast kwamen overschrijdingen van de TVOS-richtlijn ook frequent voor; in 86% van de woningen was de TVOS-concentratie namelijk hoger dan $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naast de overschrijding van de benzeenrichtwaarde in 21% van de woningen, werd de benzeen interventiewaarde overschreden in 1.3% van de woningen (dit wil zeggen in 6 van de 446 woningen waarvan benzeenresultaten ter beschikking zijn). Het procentueel aantal overschrijdingen van richtwaarden voor andere chemische componenten was bijzonder laag ($< 1\%$).

Met betrekking tot de temperaturen in de woningen werden het vaakst temperaturen onder de richtwaarde waargenomen, zowel tijdens de winter (56%) als tijdens de zomer (41%). Voor relatieve vochtigheid en tocht (windsnelheid) werden weinig overschrijdingen waargenomen.

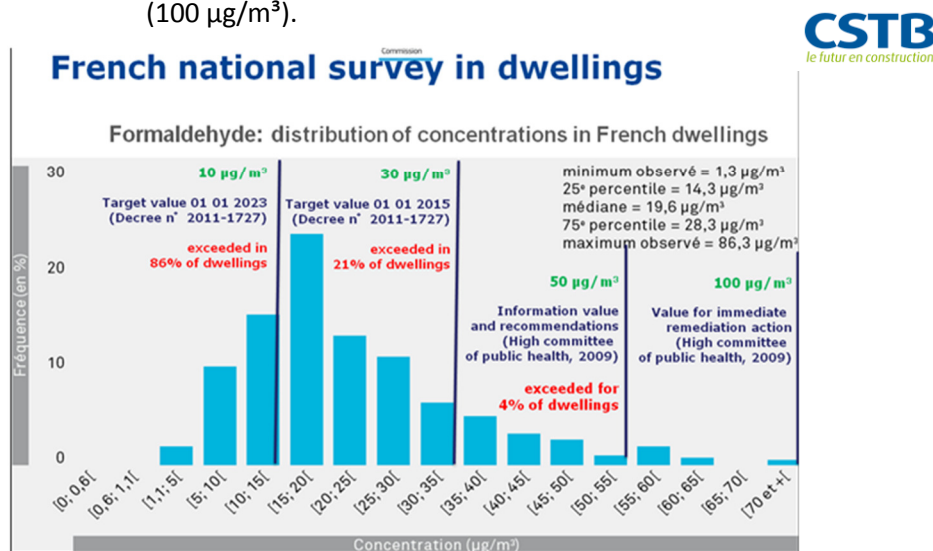
6.3. DE SURVEILLANCE-DATASET TEN OPZICHTE VAN ANDERE BESTAANDE RICHTWAARDEN, INTERVENTIEWAARDEN EN NORMEN

Bij vergelijking van de benzeenconcentraties met andere richtwaarden en normen, kunnen volgende vaststellingen gemaakt worden:

- Volgens de WHO richtwaarden vinden overschrijdingen plaats in 99% van de woningen; aangezien hier enkel woningen met een concentratie onder de detectielimiet van de meting als aanvaardbaar beschouwd kunnen worden;
- Volgens de Franse Anses richtlijnen ($\leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1-14 dagen) wordt in geen enkele surveillance woning de richtwaarde overschreden.

Bij vergelijking van de formaldehydeconcentraties met de WHO en Anses richtwaarden, kunnen volgende vaststellingen gemaakt worden:

- Volgens WHO voldoet 0.4% van de woningen niet aan de formaldehyde richtwaarde (in tegenstelling tot de 93% overschrijdingen volgens het Vlaams Binnenmilieu Besluit);
- Gebruikmakend van de Anses lange-termijn richtwaarde overschrijdt eenzelfde aantal woningen de Vlaamse en de Franse richtwaarde. Deze vaststelling ligt in lijn met de waarnemingen in Frankrijk (overschrijdingen in 96% van de woningen), zoals getoond in Figuur 11. In deze figuur worden de richtwaarden voor respectievelijk 2023 en 2015 getoond ten opzichte van de concentratieverdeling in de Franse woningen; de informatie drempel ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de waarde waarbij de bewoners geïnformeerd dienen te worden), en de concentratie voor onmiddellijke actie worden eveneens aangegeven ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figuur 11 Overzicht van de Franse nationale meetcampagne van formaldehyde in woningen

Tabel 26 Overzicht van het Vlaams Binnenmilieubesluiten andere relevante richtlijnen ten opzichte van de surveillance database

Component	Vlaams Binnenmilieubesluit	Vlaams Binnenmilieubesluit	Wereldgezondheids- organisatie	EU buitenlucht	Frankrijk Anses	Duitse richtwaarden		Nederland RIVM	US EPA	Surveillance woningen overschrijdingen van de richtwaarden BiMi	Surveillance woningen overschrijdingen van de interventiewaarden BiMi
	Richtwaarden	Interventiewaarden	Richtwaarden	Grenswaarden	Richtwaarden	Richt- waarde II	Richt- waarde I	Advieswaarden	(toxicologische grenswaarde RfC)		
MTBE									3000 µg/m³		
Benzeen	≤ 2 µg/m³	10 µg/m³	geen drempel	5 µg/m³	≤ 30 µg/m³ (1-14 dagen) 10 µg/m³ (lange termijn)			20 µg/m³		92/446 (21%)	6/446 (1.3%)
Trichloroetheen	≤ 200 µg/m³		geen drempel		≤ 20 µg/m³ (lange termijn)			200 µg/m³		0/446 (0%)	
Tolueen	≤ 260 µg/m³					3 mg/m³	0.3 mg/m³		400 µg/m³	3/446 (0.7%)	
Tetrachloroetheen	≤ 100 µg/m³		0.25 mg/m³ (jaarlijks gemiddelde)		≤ 1380 µg/m³ (1-14 dagen) ≤ 250 µg/m³ (lange termijn)w			250 µg/m³		1/446 (0.2%)	
Ethylbenzeen						2 mg/m³	0.2 mg/m³	770 µg/m³	1000 µg/m³		
Xyleen isomeren								870 µg/m³	100 µg/m³		
Styreen						3 mg/m³	0.3 mg/m³	900 µg/m³			
1,2,4-Trimethylbenzeen											
1,4-Dichlorobenzeen								670 µg/m³			
tVOS	≤ 200 µg/m³					1-3 mg/m³	0.2 mg/m³	≤ 200 µg/m³ **		383/446 (86%)	
Hexaan								200 µg/m³			
Heptaan											
Cyclohexaan								3000 µg/m³			
n-Butylacetaat											
alfa-Pineen						2 mg/m³*	0.2 mg/m³*				
3-Careen						2 mg/m³*	0.2 mg/m³*				
d10-Limoneen						10 mg/m³	1 mg/m³				
CO ₂	≤ 900 mg/m³ (492 ppm)							-		413/441 (94%)	
Formaldehyde	≤ 10 µg/m³	100 µg/m³ (30 min)	0.1 mg/m³ (30 min)		50 µg/m³ (2h) 10 µg/m³ (lange termijn)	0.1 ppm		1,2 µg/m³		420/450 (93%)	2/450 (0.4%)
Acetaldehyde	≤ 4 600 µg/m³								9 µg/m³	0/450 (0%)	
Totaal andere aldehyden	≤ 20 µg/m³									70/450 (16%)	
NO ₂	≤ 135 µg/m³	≤ 200 µg/m³						200 µg/m³ (1h) 40 µg/m³ (jaarlijks gemiddelde)		0/450 (0%)	
Temperatuur (winter)	20°C ≤ T ≤ 24°C							-		62/110 (56%) <20°C 2/110 (2%) ≥ 24°C	
Temperatuur (zomer)	22°C ≤ T ≤ 26°C							-		44/107 (41%) <22°C 7/107 (7%) ≥ 24°C	
Relatieve vochtigheid (winter)	30% ≤ RH ≤ 55% (winter)							-		3/107 (3%) <30% 13/107 (12%) ≥55%	
Relatieve vochtigheid (zomer)	30% ≤ RH ≤ 55% (zomer)							-		0/112 (0%) <30% 2/112 (1.9%) ≥80%	
Tocht (winter)	< 0.1 m/s									9/106 (8.5%)	
Tocht (zomer)	< 0.25 m/s									7/109 (6.4%)	

* Richtwaarde voor bicyclische monoterpenen (guiding substance: α-pinenes)

Duitland:

- Richtwaarde I: is de concentratie van een component in de binnenlucht waarvoor, wanneer individueel beschouwd, er geen bewijs is dat zelfs een levenslange blootstelling een schadelijk effect kan veroorzaken. Concentraties hoger dan deze waarde kunnen ongewenste gezondheidseffecten veroorzaken.
- Richtwaarde II: is de concentratie van een component, die wanneer ze bereikt of overschreden wordt, directe actie vereist omdat deze concentratie een gezondheidseffect kan veroorzaken, in het bijzonder bij gevoelige personen die gedurende langere tijd in deze ruimte verblijven.
- voor TVOC: Aanbevolen evaluatiestandaard van de Duitse ad-hoc werkgroep IRK/AOLG, Level 2 - TVOC 0.3-1 mg/m³: ‘No relevant objections, provided that any guide values for individual substances or groups of substances are not exceeded’

** Gezondheidsraad Nederland

Tabel 27 Vergelijking van het Vlaams Binnenmilieubesluit met richt- en grenswaarden geldig in de EU en in EU lidstaten

Component	Vlaams Binnenmilieubesluit	Vlaams Binnenmilieubesluit	Wereldgezondheidsorganisatie	EU buitenlucht	Frankrijk Anses	Nederland RIVM	Duitsland	
	Richtwaarden	Interventiewaarden	Richtwaarden	Grenswaarden	Richtwaarden	Advieswaarden	Richtwaarde II	Richtwaarde I
Chemische factoren								
MTBE								
Benzeen	≤ 2 µg/m³	10 µg/m³	geen drempel	5 µg/m³ (jaarlijks)	≤ 30 µg/m³ (1-14 dagen) 10 µg/m³ (lange termijn)	20 µg/m³		
Trichloroetheen	≤ 200 µg/m³		geen drempel		≤ 20 µg/m³ (lange termijn)	200 µg/m³		
Tolueen	≤ 260 µg/m³						3 mg/m³	0.3 mg/m³
Tetrachloroetheen	≤ 100 µg/m³		0.25 mg/m³ (jaarlijks)		≤ 1380 µg/m³ (1-14 dagen) ≤ 250 µg/m³ (lange termijn)	250 µg/m³		
Ethylbenzeen						770 µg/m³	2 mg/m³	0.2 mg/m³
Xylene isomeren						870 µg/m³		
Styreen						900 µg/m³	3 mg/m³	0.3 mg/m³
1,2,4-Trimethylbenzeen								
1,4-Dichlorobenzeen								
tVOS	≤ 200 µg/m³					≤ 200 µg/m³ ***	3-10 mg/m³#	0.3-1 mg/m³#
Dichloormethaan						200 µg/m³	2 mg/m³ (24 h)	0.2 mg/m³
Hexaan								
Heptaan								
Cyclohexaan								
C9 tot C14 alkanen (iso-alkanen)						3000 µg/m³	2 mg/m³	0.2 mg/m³
n-Butylacetaat								
alfa-Pineen							2 mg/m³*	0.2 mg/m³*
3-Careen							2 mg/m³*	0.2 mg/m³*
Bicyclische terpenen (zoals pineen)							2 mg/m³	0.2 mg/m³
d10-Limoneen								
Monocyclic Monoterpenen (zoals limonene)							10 mg/m³	1 mg/m³
Naftaleen			0.01 mg/m³ (jaarlijks)		10 µg/m³ (> jaarlijks)		0.2 mg/m³	0.002 mg/m³
Hydroxytolueen (cresol)							0,05 mg/m³	0,005 mg/m³
PAK			Geen drempel			1,2 ng B(a)P /m³		
Benzo(a)pireen (in PM10)				1 ng/m³				
koolstofmonoxide	24h ≤ 5.7 mg/m³	1h 30 mg/m³	15 min 100 mg/m³ 1h 35 mg/m³ 8h 10 mg/m³ 24h 7 mg/m³	10 mg/m³ (8 uur)	15 min 100 mg/m³ 30 min 60 mg/m³ 1h 30 mg/m³ 8h 10 mg/m³		30 min 60 mg/m³ 8h 15 mg/m³	30 min 6mg/m³ 8h 1.5 mg/m³
CO₂	≤ 900 mg/m³ (492 ppm)					-	> 2000 ppm ^{##}	< 1000 ppm ^{##}
Formaldehyde	≤ 10 µg/m³	100 µg/m³ (30 min)	0.1 mg/m³ (30 min)		50 µg/m³ (2h) 10 µg/m³ (lange termijn)	1,2 µg/m³	0.1 ppm	
Acetaldehyde	≤ 4 600 µg/m³							
Benzaldehyde								
Furfural							0.2 mg/m³	0.02 mg/m³
Totaal andere aldehyden	≤ 20 µg/m³						0,1 mg/m³	0,01 mg/m³
Aldehyden (C4 tot C11)								
Benzylalcohol							2 mg/m³	0.2 mg/m³
Fenol							4 mg/m³	0.4 mg/m³
Pentachloorfenol							0,2 mg/m³	0,02 mg/m³
Tris(2-chlorethyl)fosfaat (TCEP)							0.001 mg/m³	0.0001 mg/m³
Diisocyanaten							0.05 mg/m³	0.005 mg/m³
Cyclische dimethyl siloxaan (D3-D6) zomerrichtwaarde								
NO₂	≤ 135 µg/m³	≤ 200 µg/m³	200 µg/m³ (1-uur) 40 µg/m³ (jaarlijks)	200 µg/m³ (1 uur) 40 µg/m³ (jaarlijks)		200 µg/m³ (1 uur) 40 µg/m³ (jaarlijks)	0.350 mg/m³ (30 min) 0.06 mg/m³ (wekelijks)	
SO₂				350 µg/m³ (1 uur) 125 µg/m³ (dagelijks)		500 µg/m³ (10 min) 125 µg/m³ (24 uur) 50 µg/m³ (jaarlijks)		
O₃				120 µg/m³ (8 uur)		120 µg/m³ (8 uur)		
asbest		0.1 vesel / cm³						
PM₂.5	≤ 15 µg/m³ (jaarlijks)				25 µg/m³ (dagelijks)** 10 µg/m³ (jaarlijks)		25 µg/m³ (24 uur): Geen toxicologische richtwaarde	

PM ₁₀	≤ 40 µg/m³ (dagelijks)			40 µg/m³ (jaarlijks)	50 µg/m³ (dagelijks) ** 20 µg/m³ (jaarlijks) **	-	
Component	Vlaams Binnenmilieubesluit Richtwaarden	Vlaams Binnenmilieubesluit Interventiewaarden	Wereldgezondheidsorganisatie Richtwaarden	EU buitenlucht Grenswaarden	Frankrijk Anses Richtwaarden	Duitsland Richtwaarde II Richtwaarde I	
Zware metalen in TSP				Lood, Arseen, Cadmium, Nikkel			
Metallisch kwik					50 ng/m³ (jaarlijks)	0.00035 mg/m³	0.000035 mg/m³
Lood					500 ng/m³ (jaarlijks)		
Fysische factoren							
Temperatuur (winter)	20°C ≤ T ≤ 24°C					-	
Temperatuur (zomer)	22°C ≤ T ≤ 26°C					-	
Relatieve vochtigheid (winter)	30% ≤ RH ≤ 55% (winter)					-	
Relatieve vochtigheid (zomer)	30% ≤ RH ≤ 55% (zomer)					-	
Tocht (winter)	< 0.1 m/s						
Tocht (zomer)	< 0.25 m/s						
ELF – magnetisch veld	≤ 0.2 µT		10 µT				
Radon			0,6.10 ⁻⁵ per Bq/m³ (levenslang) 15.10 ⁻⁵ per Bq/m³ (levenslang roker)				
ventilatievoud	≥ 1/h						
Biologische agentia							
Huisstofmijt	≤ 0.2 mg guanine/g stof					-	
Kakkerlak	< 1 per gebouw					-	
Micro-organismen	≤ 500 KVE/m³					-	
Mijten							
- In vloerbekleding	≤ 10 /g stof						
- -in bed/meubilair	≤ 100 /g stof						
Rat/muis	< 1 per gebouw						
schimmels	≤ 200 KVE/m³		Het verband tussen vochtigheid, microbiële blootstelling en gezondheidseffecten kan niet precies gekwantificeerd worden. Daarom wordt geen kwantitatieve, gezondheids-gebaseerde richt- of drempelwaarde aanbevolen.			-	

gerapporteerde waarde voor Richtwaarde II: geklasseerd als ‘major concerns’; gerapporteerde waarde voor Richtwaarde I: geklasseerd als ‘No relevant objections, provided that any guide values for individual substances or groups of substances are not exceeded’

gerapporteerde waarde voor Richtwaarde II: geklasseerd als ‘unacceptable’; gerapporteerde waarde voor Richtwaarde I: geklasseerd als ‘harmless’; voor TVOC: Aanbevolen evaluatiestandaard van de Duitse ad-hoc werkgroep IRK/AOLG, Level 2 - TVOC 0.3-1 mg/m³: ‘No relevant objections, provided that any guide values for individual substances or groups of substances are not exceeded’

** deze richtwaarden zijn niet gebaseerd op gezondheidseffecten, wel op een algemene verbetering van het binnenmilieu

*** Gezondheidsraad Nederland

6.4. DE COMPONENTEN UIT HET VLAAMS BINNENMILIEUBESLUIT TEN OPZICHTE VAN DEZE UIT ANDERE RICHTLIJNEN

Tabel 27 toont een overzicht van de richt- en interventiewaarden voor alle componenten opgenomen in het Vlaams Binnenmilieu Besluit, naast richt- en advieswaarden uit Frankrijk, Duitsland, Nederland, de Wereldgezondheidsorganisatie en EU Buitenlucht grenswaarden. Niet alleen wordt de grootte van de richt- en interventiewaarden uit het Vlaams Binnenmilieubesluit vergeleken met richt- en advieswaarden uit andere landen; ook de parameters die voorkomen in het Vlaams Binnenmilieubesluit worden vergeleken met de parameters uit deze selectie van landen of regio's.

Bij een eerste algemene vergelijking kan vastgesteld worden dat aan het merendeel van de richtwaarden uit andere landen en regio's een uitmiddelingsstijd toegekend werd. In het Vlaams Binnenmilieubesluit wordt slechts voor een beperkt aantal componenten een uitmiddelingsstijd vastgelegd.

Voor een aantal componenten uit het Binnenmilieubesluit worden vergelijkbare grens- en richtwaarden vastgelegd in verschillende landen of regio's. Zo is bijvoorbeeld de Binnenmilieubesluit -richtwaarde voor tolueen ($\leq 260 \mu\text{g}/\text{m}^3$) van dezelfde grootteorde als deze die in Duitsland vastgelegd werd als veilige bovengrens ($\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De interventiewaarde voor formaldehyde ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) uit het Binnenmilieubesluit is gelijk aan de richtwaarde van de Wereldgezondheidsorganisatie; beide concentraties hebben een vastgestelde uitmiddelingsstijd van 30 minuten. De Franse lange-termijn richtwaarde voor formaldehyde is gelijk aan de richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieu Besluit. Voor een ondubbelzinnige toepassing van het BiMi-besluit zou het echter zinvol zijn om eveneens een uitmiddelingsstijd toe te kennen aan de richtwaarde voor formaldehyde.

Een hoge richtwaarde in het Vlaams Binnenmilieubesluit ten opzichte van de andere landen kan vastgesteld worden voor trichlooretheen ($\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ten opzichte van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Frankrijk en geen veilige drempel bij WHO). Uit de surveillance blijkt echter dat deze component slechts in zeer lage concentraties voorkomt in klachtenvrije woningen (gemiddeld $0.3 \pm 1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$; maximale concentratie van $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$), waarbij de hoogst gemeten concentratie in klachtenvrije woningen de laagste richtwaarde uit Frankrijk niet overschrijdt.

Het ontbreken van een uitmiddelingsstijd bij de benzeen richt- en interventiewaarden maakt het complex om deze benchmarking uit te voeren. De interventiewaarde uit het Binnenmilieubesluit ($\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) is gelijk aan de lange-termijn richtwaarde uit Frankrijk. Voor een meetperiode van 1-14 dagen stelt Frankrijk een hogere richtwaarde van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor; de Nederlandse advieswaarde bedraagt $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en heeft net als de Vlaamse richtwaarde eveneens geen uitmiddelingsstijd. De richtwaarde uit het Binnenmilieubesluit is vergelijkbaar met de EU grenswaarde voor het buitenmilieu ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Toch zijn zowel de Franse als de Vlaamse richtwaarden hoger dan het advies van de WHO, die voor benzeen besluitten dat er geen veilige drempel bestaat.

Het ontbreken van een uitmiddelingsstermijn bemoeilijkt in zekere zin ook de evaluatie van de NO_2 -richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit met de andere landen. De BiMi-interventiewaarde ($\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) is gelijk aan de uurgemiddelde richtwaarde van het WHO, aan de uurgemiddelde advieswaarde van Nederland, en aan de uurgemiddelde grenswaarde van EU buitenlucht. De richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit ($\leq 135 \mu\text{g}/\text{m}^3$) is aanzienlijk hoger dan de richtwaarde van de WHO ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jaarlijks gemiddelde), dan de jaargemiddelde advieswaarde

van Nederland, dan de grenswaarde van EU buitenlucht ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jaarlijks gemiddelde), en dan de Duitse interventiewaarde ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, richtwaarde II, volgens Duitse nomenclatuur). Minstens 75% van de bestudeerde klachtenvrije woningen voldoet aan de WHO richtwaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aangezien het 75^{ste} percentiel van de NO_2 dataset $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedraagt (vooropgesteld dat een weekgemiddelde concentratie representatief is voor de gemiddelde jaarlijkse concentratie in deze woningen).

Toch blijkt dat het Vlaams Binnenmilieubesluit voor het merendeel van de componenten een lagere richtwaarde voorstelt, dus meer ambitieus, dan deze vastgelegd voor Europa of voor de andere landen.

Zo is de BiMi-richtwaarde voor tetrachlooretheen ($\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) lager dan zowel de WHO-richtwaarde ($\leq 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jaarlijks) als de richtwaarde in Frankrijk ($\leq 380 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tussen 1-14 dagen en $\leq 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lange termijn). Alhoewel de tetrachlooretheen-concentraties in de klachtenvrije woningen bijzonder laag bleken ($1.4 \pm 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$), bedroeg de hoogst geregistreerde concentratie $195 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het toekennen van een uitmiddelingstijd zou een evaluatie van een meetresultaat eenvoudiger maken.

De Vlaamse richtwaarde voor TVOS ($\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) situeert zich ook onder de Duitse richtwaarde voor een veilige blootstelling ($300\text{-}1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Rekening houdend met de Duitse richtwaarden voor een onschadelijke blootstelling zou minstens 75% van de Vlaamse klachtenvrije woningen dataset voldoen aan de richtwaarde.

Zowel voor koolstofmonoxide als voor koolstofdioxide is het Vlaamse BiMi ambitieuzer dan andere bestaande richtwaarden voor deze componenten. Zowel de CO BiMi-richtwaarde als interventiewaarde zijn lager dan de voorstellen van de WHO. Toch is voor een component als CO een veilige marge steeds aangewezen en zijn lagere BiMi richtwaarden zinvol. De CO_2 BiMi-richtwaarde (492 ppm) is gelijk aan de helft van de Duitse richtwaarde voor een veilige blootstelling (1000 ppm). Minstens 75% van de geteste Vlaamse klachtenvrije woningen zou voldoen aan de Duitse richtwaarde van 1000 ppm (het 75^{ste} percentiel bedraagt 834 ppm).

De somparameter 'totaal andere aldehyden' komt niet als dusdanig voor in andere richtwaarden, maar kan in zekere zin vergeleken worden met de parameter 'aldehyden C4-C11', uit de Duitse richtwaarden. De Duitse somparameter bevat immers dezelfde componenten, dan wel verminderd met propanal. De richtwaarde is echter een 10-voud van de richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit.

Deze vergelijking zoals getoond in Tabel 27 duidt ook aan welke componenten wel opgenomen zijn in andere richtwaarden, maar niet voorkomen in het Vlaams Binnenmilieubesluit. Hiertoe behoren: ethylbenzeen, styreen, dichloormethaan, C9-C14 alkanen, pineen, limoneen, naftaleen, benzo(a)pyreen, benzaldehyde, fenol, pentachloorfenol, TCEP, ozon, zwaveldioxide, en metallisch kwik. Ethylbenzeen, styreen, limoneen en pineen werden ook gemeten in de klachtenvrije woningen. Er dient opgemerkt te worden dat in deze dataset voor geen enkele van deze componenten een overschrijding van de Duitse richtwaarden werd vastgesteld, zelfs de hoogst geregistreerde concentraties bevonden zich ver onder de richtwaarde. Van alle gedetecteerde VOS-componenten komt limoneen in de hoogste concentratie voor. Ook voor deze component blijft de hoogst geregistreerde concentratie ver beneden de veilige blootstellingsgrens, die vastgelegd werd in Duitsland.

Voor biologische parameters bestaan quasi geen richt- of grenswaarden op EU of EU lidstaat niveau. De afwezigheid van richtwaarden op EU niveau is gevolg van de grote spreiding van de concentraties en de variaties over de EU (geografische spreiding), welke het onmogelijk maakt een algemeen geldende waarde vast te leggen.

HOOFDSTUK 7. BINNENMILIEU KLACHTENWONINGEN

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de leidraad voor klachtenbehandeling, dat in 2009 ontwikkeld werd in samenwerking met het Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid. Deze leidraad had tot doel een geharmoniseerde behandeling van klachtenwoningen te verkrijgen over geheel Vlaanderen.

Aanvullend wordt een beknopt overzicht gegeven van de behandelde klachten in de periode 2008-2012 en wordt het binnenmilieu in deze klachtenwoningen vergeleken met dit van klachtenvrije woningen.

7.1. LEIDRAAD VOOR KLACHTENBEHANDELING

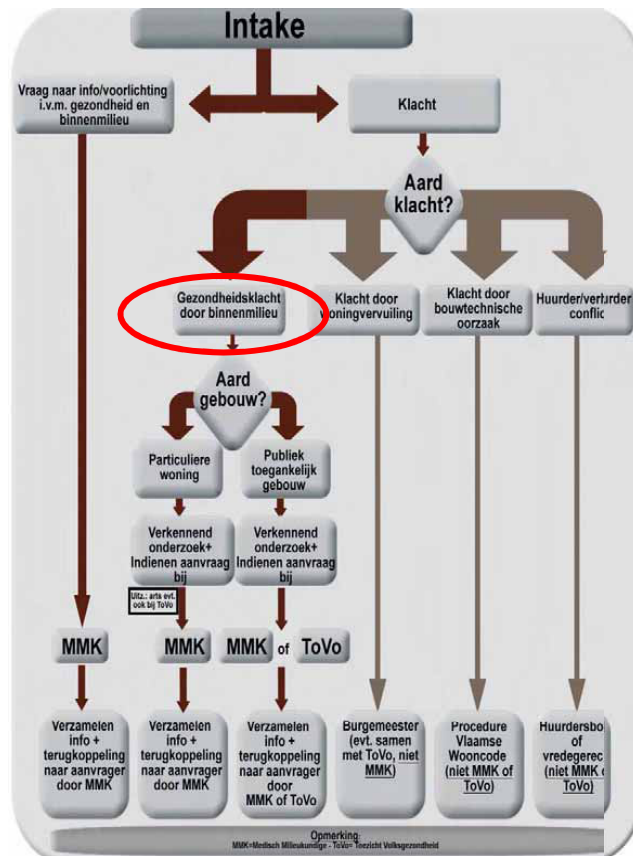
7.1.1. DOELSTELLING

Deze leidraad heeft tot doel om een objectieve en wetenschappelijk onderbouwde, uniforme aanpak te creëren, voor het behandelen van binnenmilieuklachten.

De leidraad bestaat uit verschillende elementen:

- registratie van de gezondheidsklacht en de link naar het binnenmilieu
- de relatie tussen de gezondheidsklacht en de link naar het binnenmilieu
- de te meten parameters en de beslissingsboom om over te gaan tot metingen
- de interpretatie van meetresultaten (d.i. toetsing aan richt- en grenswaarden)

Deze leidraad richt zich tot de medewerkers van de afdeling Toezicht Volksgezondheid (ToVo) van het Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid, en sluit aan bij de bestaande brochure *'Het Binnenmilieu, vraag en antwoord'* van de Medisch Milieukundigen (MMK) van het Lokaal gezondheidsoverleg (Logo). Figuur 12 toont het overzichtschema voor de aanpak van klachten over gebouwen, zoals voorgesteld in de brochure. Deze leidraad kan gebruikt worden voor het behandelen van klachten, die gecategoriseerd worden onder het luik *'Gezondheidsklacht door binnenmilieu'* (in Figuur 12 aangeduid met een rode cirkel).



Figuur 12 Overzichtsschema voor de aanpak van klachten over gebouwen.

Uit: 'Het Binnenmilieu, Vraag en Antwoord' (<http://www.mmk.be/afbeeldingen/File/BimibrochureMMKWestVLweb.pdf>,
laatst gecontroleerd op 11/02/2013)

7.1.2. DE TOVO-PORTAAL SITE

Om een historiek van 'gezondheidsklachten door het binnenmilieu' bij te houden, worden de klachten sinds 2007 geregistreerd op de elektronische klachtenregistratie: de ToVo-portaalsite (<http://sp.vito.be:81/teams/tovo/default.aspx>). Hierin wordt voor iedere klacht informatie over de aanvrager, over de gezondheidsklacht(en), over mogelijke invloedsfactoren, en over de gemeten pollutanten geklasseerd. Ook briefwisseling in verband met de klacht wordt toegevoegd aan het klachtenbestand. Gezien de waardevolle informatie van deze database worden leidraad en portaalsite verder op elkaar afgesteld.

Het bestaande portaal werd uitgebreid, om zo de bestaande klachten eenvoudig consulteerbaar te maken voor gebruikers. Daarom worden voor iedere klacht een aantal sleutelwoorden toegekend; sleutelwoorden waarop informatie vervolgens uit de database gefilterd kan worden. Sleutelwoorden worden toegekend in 3 verschillende categorieën. De software is zo ingesteld dat voor iedere categorie minstens één sleutelwoord geselecteerd moet worden door de persoon die de data ingeeft. Tabel 28 geeft een overzicht van de sleutelwoorden.

Tabel 28: sleutelwoorden bij klachtenregistratie

Categorie 1: Gezondheidsklachten	Categorie 2: Mogelijke invloedsfactoren	Categorie 3: Gemeten pollutanten
Astma	Renovatiewerken (bouwproductemissies)	Asbest
Allergie	Woninginrichting (meubilair, ...)	VOC
Huidirritatie	Binnenhuisactiviteiten (hobby, ...)	Aldehyden
Oogirritatie	Verbrandingsprocessen	NOx
Irritatie slijmvliezen	Ventilatiesystemen	PM
Bemoeilijkte ademhaling	Geurhinder (bvb lijmgeur)	CO2
Vermoeidheid	Schimmels	Relatieve vochtigheid
Hoofdpijn	Muffe geur	temperatuur
Gezichtsstoornissen	Brandstoflek	Isocyanaten
Duizeligheid	Andere	CO
Andere	Niet van toepassing	Zware metalen
Niet van toepassing		Elektromagnetische straling
		Schimmels
		Andere
		Niet van toepassing

Deze sleutelwoorden werden voorgesteld na analyse van geregistreerde klachten bij ToVo en kunnen eventueel nog verder uitgebreid worden indien dit noodzakelijk is. De optie 'Niet van toepassing' werd toegevoegd om bijvoorbeeld ook de registratie van een relevante gezondheidsklacht ten gevolge van het binnenmilieu, waar geen metingen uitgevoerd werden, mogelijk te maken.

In de leidraad, voorgesteld in dit document, zullen de sleutelwoorden gebruikt worden om zogenaamde 'precedenten', gelijkaardige situaties uit de historie van het ToVo-portaal, op te sporen.

Toezicht Volksgezondheid > Klacht registratie

Klacht registratie

Gebruik deze lijst voor registratie van klachten

New Actions

Titel	Activate	Resolve	Close	Klachtbehandelaar	Klacht afgesloten op	Klacht met meting	Gezondheidsklachten	Mogelijke invloedsfactoren	Gemeten pollutanten
Klachtjaar : 2.007 (2)									
Klachtjaar : 2.008 (13)									
Klachtjaar : 2.009 (12)									
geurhinder in appartement (Lier)				Stranger Marianne	Ja		Oogirritatie; Hoofdpijn; Gezichtsstoornissen; Duizeligheid	Woningrichting (meubilaire, ...); Verbrandingsprocessen; Geurhinder (bv. ijmgeur); Muffe geur	VOC; Aldehyden; PM; CO ₂ ; Relatieve vochtigheid; temperatuur; Andere
Astma na verhuis (Glabbeek)				Stranger Marianne	Nee		Astma	Niet van toepassing	Niet van toepassing
Ventilatie/airco buitenschoolse kinderopvang (Bredene)				Stranger Marianne	Ja		Huidirritatie; Oogirritatie; Vermoeidheid; Hoofdpijn; Andere	Ventilatiesystemen	VOC; Aldehyden; CO ₂ ; Relatieve vochtigheid; temperatuur
'iets' in de woning (Boechout)				Stranger Marianne	Nee		Huidirritatie; Oogirritatie; Gezichtsstoornissen	Niet van toepassing	Niet van toepassing
Arseen in woning? (Viljen)				Stranger Marianne	Nee		Huidirritatie; Duizeligheid; Andere	Renovatiewerken (bouwproductemissies)	Niet van toepassing
Houtmassiefbouw-woning (Meise)				Stranger Marianne	Ja		Huidirritatie; Irritatie slijmvliezen; Bemoelijkte ademhaling; Andere	Renovatiewerken (bouwproductemissies); Woningrichting (meubilaire, ...)	VOC; Aldehyden; CO ₂ ; Relatieve vochtigheid; temperatuur
Astma in woning (Merkssem)				Stranger Marianne	Nee		Astma	Renovatiewerken (bouwproductemissies)	Niet van toepassing
Fijn stof in klas (Hombek)				Stranger Marianne	Nee		Bemoelijkte ademhaling	Woningrichting (meubilaire, ...)	Niet van toepassing
Formaldehyde door bouwmaterialen (Hof de ven)				Stranger Marianne	Ja		Irritatie slijmvliezen; Hoofdpijn; Duizeligheid	Renovatiewerken (bouwproductemissies); Woningrichting (meubilaire, ...)	VOC; Aldehyden; CO ₂ ; Relatieve vochtigheid; temperatuur
Kivikdampen spiegel				Stranger Marianne	Nee		Andere	Woningrichting (meubilaire, ...)	Niet van toepassing
Gezondheidsklachten in slaapkamer (Halle)				Stranger Marianne	Ja		Oogirritatie; Irritatie slijmvliezen; Bemoelijkte ademhaling; Vermoeidheid; Hoofdpijn; Gezichtsstoornissen; Duizeligheid; Andere	Renovatiewerken (bouwproductemissies); Woningrichting (meubilaire, ...)	VOC; Aldehyden; CO ₂ ; Relatieve vochtigheid; temperatuur
Takrook in sociale woning (Winksele)				Stranger Marianne	Nee		Irritatie slijmvliezen; Bemoelijkte ademhaling; Gezichtsstoornissen	Verbrandingsprocessen	Niet van toepassing

Figuur 13 Print screen van de ToVo-portaalsite, met de 3 categoriën sleutelwoorden toegevoegd

7.1.3. STRATEGIE VOOR KLACHTENBEHANDELING: DE LEIDRAAD

→ Gemotiveerde aanvraag

Een gezondheidsklacht en de eventuele relatie met het binnenmilieu wordt nader onderzocht na een gemotiveerde aanvraag. Deze gemotiveerde aanvraag kan afgeleverd worden door een arts of een Medisch Milieukundige. In dit hoofdstuk wordt toegelicht wanneer men kan spreken van een gemotiveerde klacht.

(1) Gemotiveerde aanvraag via de Medisch Milieukundige

De medisch milieukundige is in de eerste plaats een aanspreekpunt voor intermediairen en niet voor individuele burgers.

De MMK ontvangt een gemotiveerde aanvraag van een van volgende instanties: gemeentebestuur, ocmw, gemeentelijke huisvestingsambtenaar, gewestelijke ambtenaar, Vlaamse ambtenaren bevoegd voor het milieu, arts, verpleegkundige of maatschappelijk werker. Op basis van de gemotiveerde aanvraag wordt bekeken of een plaatsbezoek noodzakelijk is. Na het plaatsbezoek kan door ToVo beslist worden om metingen uit te voeren.

Voorwaarden waaraan een aanvraag moet voldoen:

- de bewoners lopen potentieel gezondheidsrisico's ten gevolge van binnenmilieuverontreiniging of hebben al gezondheidsklachten;
- bij voorkeur is er al een verkennend onderzoek gebeurd, vb. vaststellingen door huisarts, wijkagent, maatschappelijk werker van OCMW;
- er is een schriftelijke toestemming van de bewoner om het onderzoek uit te voeren;

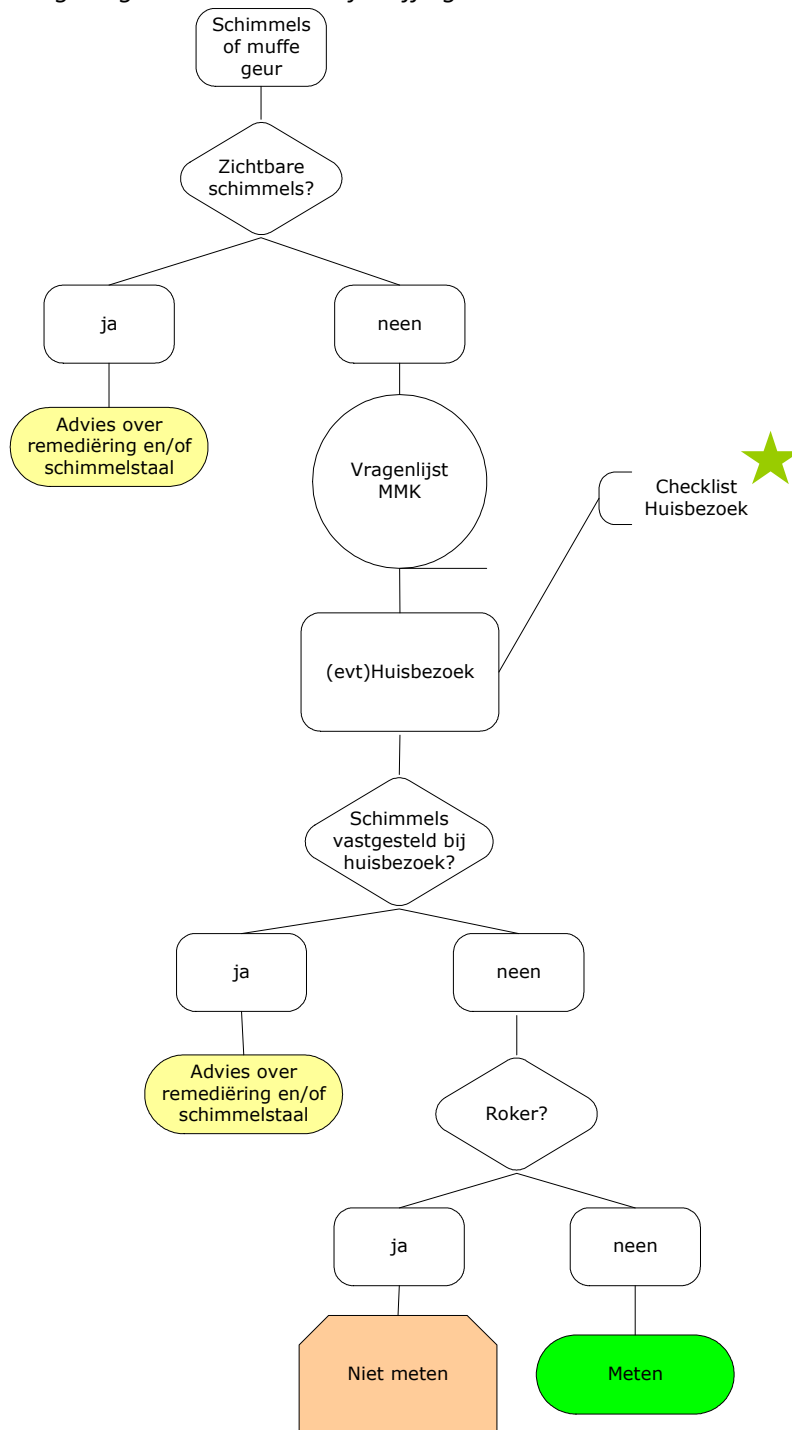
het standaard aanvraagformulier wordt gebruikt voor de aanvraag.

(2) Gemotiveerde aanvraag door een arts

Artsen kunnen de aanvraag ook rechtstreeks aan de afdeling Toezicht Volksgezondheid richten, als ze een gemotiveerd medisch verslag voorleggen. Bij een gemotiveerde aanvraag is er een vermoedelijke medische link tussen de gezondheidsklachten en een pollutant uit het binnenmilieu. Een medisch dossier (bloedanalyses, huidtesten, longfunctiemetingen, ...) is hierbij noodzakelijk. Enkel op die manier kan een nuttige meetstrategie bepaald worden.

Op basis van deze gemotiveerde aanvraag wordt beslist of een plaatsbezoek door de MMK noodzakelijk is. Aan de hand van de vaststellingen wordt bekeken of een meting zal worden uitgevoerd.

Figuur 14 Klacht ten gevolge van schimmels of muffe geur



(3) Stappenplan schimmels of muffe geur

Het stappenplan voor de behandeling van gemotiveerde klachten, waarbij melding van schimmels of muffe geur in de woning, wordt in Figuur 14 afgebeeld.

In het plan wordt vooreerst onderscheid gemaakt tussen zichtbaar vast te stellen schimmels en schimmels die niet met het blote oog waar te nemen zijn.

Indien in huis gerookt wordt, worden in principe geen luchtstalen genomen. In dit geval wordt de bewoner, eventueel na een huisbezoek, voorzien van de nodige informatie voor remediëring en preventie.

Gebruikmakend van de sleutelwoorden 'schimmels', 'muffe geur', 'relatieve vochtigheid', 'schimmelstaal' en 'ventilatie', kunnen precedentes via de ToVo-portaalsite verzameld worden (zie paragraaf 7.1.2).

(4) Meest voorkomende klachten ten gevolge van schimmels

De inademing van sporen of metabolieten, ten gevolge van deze schimmels, kan een aantal gezondheidsklachten veroorzaken. Diverse studies rapporteerden verscheidene gezondheidsklachten, als gevolg van schimmels in woningen. Onderstaande Tabel 29 toont een overzicht van een aantal van deze studies.

Personen met een atopische aanleg kunnen een allergie ontwikkelen voor allergenen van schimmels. Kinderen kunnen beschouwd worden als een risicogroep, omdat voor hen in een vochtige woning de kans op klachten (astma en COPD) 1.5 tot 3.5 keer hoger is². Verder zijn ook personen met een verzwakt immuunsysteem, of personen die orgaantransplantaties ondergingen, gevoelig voor deze bron van binnenhuisvervuiling.

Factoren die schimmelgroei beïnvloeden zijn relatieve vochtigheid, temperatuur, voedingsbodem, mogelijks de aanwezigheid van moeilijk schoon te maken (mechanische) luchttoevoer en filters, koudebruggen en dus ook ventilatie en isolatie van de woning. Om schimmelgroei te vermijden is het van belang dat de relatieve vochtigheid in de woning niet te hoog is. Hierbij dient opgemerkt te worden dat een te lage relatieve vochtigheid, lager dan 30%, irritaties van ogen en bovenste luchtwegen kan veroorzaken³.

Een uitvoerige bespreking van de gezondheidsklachten die kunnen optreden per type schimmel is te vinden in het document 'WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould'⁴ van de Wereldgezondheidsorganisatie (2009).

² Onderzoeksrapport: vervolgonderzoek naar relevante BiMi-indicatoren voor woningen en kantoren – Indicatoren binnenmilieu. DHV Huisvesting en vastgoed, 2002.

³ P. Wolkoff, S.K. Kjaergaard. Environment International 33 (2007) 850-857

Tabel 29 Studies die gezondheidsklachten rapporteren ten gevolge van schimmels

Ref	Rinitis	Dermatitis	Allergieën	Astma- (aanval)	Luchtweg- infecties	Ontsteking bindweefs- el (?)	Vertering- problemen	Koorts	Kortade mig	Chest tightnes s	hoesten	Irritatie slijmvliesen	Onbehagen
1	X	X	X	X	X		X						
2	X			X	X	X		X	X	X	X		X
3		X	X	X	X	X							
4				X			X		X			X	X
5													

1. Les pollutions dans l'air intérieur des bâtiments . Diagnostic – Indice sur la santé. M. Kuske, J. Nicolas, XXX. Prévention Santé, Province de Luxembourg.
2. Indoor Air Pollution – An introduction for health professionals. American Lung Association, American Medical Association, US Consumer Product Safety Commission, US Environmental Protection Agency, 2001.
3. The Healthy Indoor Air Guide. The chemistry of housing. Australian Institute for Healthy and Ecological Building, 2000.
4. The inside story: A guide to Indoor Air Quality. US EPA, Office of air and radiation, 2007.
5. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. World Health Organisation Europe 2009. ISBN 978 92 890 4168 3

(5) In België

Uit onderzoek van BIM⁴ blijkt dat de meest voorkomende schimmels in woningen in het Brusselse de volgende zijn:

- Het geslacht *Cladosporium* (vnl. *C. sphaerospermum*)
 - o Aanwezig in verouderde planten, in verschillende bodems en op ontbindend organisch afval.
 - o Kinderen zijn vaak het gevoeligste
 - o Patiënten die hiervoor gevoelig zijn, reageren slechts op sterke sporenconcentraties (> 3.000 sporen/m³ gemeten met methode van Burkard)⁵
- Het geslacht *Penicillium*
 - o Meest voorkomende luchtverontreinigers, zowel in woning als buiten
 - o Aanwezig in de bodem, op organisch afval, in compost, op fruit en groenten
 - o Reacties vast te stellen bij astmapatiënten. De betrokkenheid van verschillende soorten *Penicillium* in een proces van ademhalingsallergieën is moeilijk vast te stellen.
- Het geslacht *Aspergillus* (vnl. *Aspergillus versicolor*)
 - o Komen voor in de bodem, op ontbindend organisch afval, in compost, in graanopslagplaatsen, in specerijen.
 - o Sporen van deze schimmel worden ook vaak geassocieerd met stof bij graaf-, bouw-, en renovatiewerken in gebouwen. Deze sporen bezinken snel en stapelen zich op op oppervlakten en in het stof (studies in ziekenhuizen). Hiervoor wordt niet de lucht, maar wel oppervlakten, bemonsterd.
 - o *Aspergillus versicolor* komt in Europa vaak voor in vochtige woningen op muren (vnl. muren met behangpapier). De schimmel produceert een vluchtig metaboliet, verantwoordelijk voor de kenmerkende schimmelgeur (zou verantwoordelijk zijn voor irritatie slijmvliezen, neus en keel).
 - o Gekenmerkt door felle kleuren met rijke schakeringen
 - o Veroorzaakt allerhande allergische reacties
 - o Het seizoen heeft geen invloed op het aantal sporen in de lucht²
- *Stachybotrys chartarum*
 - o Ontwikkelt zich op plantaardig afval en op een hele reeks van bouwmaterialen en substraten op basis van cellulose, op voorwaarde dat deze elementen heel vochtig zijn. Vaak aanwezig in vochtige woningen (vooral in woningen die onder water gelopen zijn)
 - o Niet zeldzaam in Europa
 - o Zwarte tot groenzwarte kolonies (0.5 – 2cm op 5 dagen tijd)
 - o De sporen zijn niet goed aangepast aan verspreiding in de lucht, ze komen dus zelden voor in de lucht.
 - o Produceert uiterst giftige metabolieten, die allen verantwoordelijk zijn voor dermato- en cytotoxische symptomen. Ze irriteren slijmvliezen en zijn immunosuppressief²

⁴ Verbanden tussen Gezondheid en Leefmilieu – RCIB, Analyse en resultaten van de onderzoeksresultaten na 3 jaar werking. 2004

⁵ www.indoorpol.be

(6) Checklist huisbezoek voor schimmels

Waarop in het bijzonder letten bij huisbezoek of bestuderen MMK vragenlijst

- Is er in de woning een reservoir of verspreider van biologische preparaten aanwezig, dat logisch zou kunnen leiden tot blootstelling?
- Is de relatieve vochtigheid in de woning consistent hoger van 50%?
- Worden er luchtbevochtigers of andere soorten van watersprays gebruikt? Hoe vaak worden deze schoongemaakt? Worden ze correct gereinigd?
- Is het ventilatiesysteem schoonmaakvriendelijk?
- Was er recent een lek of overstroming?
- Wordt er organisch materiaal behandeld in de woning? Voorbeelden hiervan?
- Zijn er huisdieren?
- Recente problemen met kakkerlakken?
- Is er voldoende toevoer van buitenlucht?
- Is er vloerverwarming aanwezig in de woning?
- Is er condensatie op binnenoppervlakten?

(7) Zoeken naar precedënten

Gebruikmakend van de sleutelwoorden 'schimmels', 'muffe geur', 'relatieve vochtigheid', 'schimmelstaal' en 'ventilatie', kunnen precedënten via de ToVo-portaal-site verzameld worden (zie hoofdstuk 2).

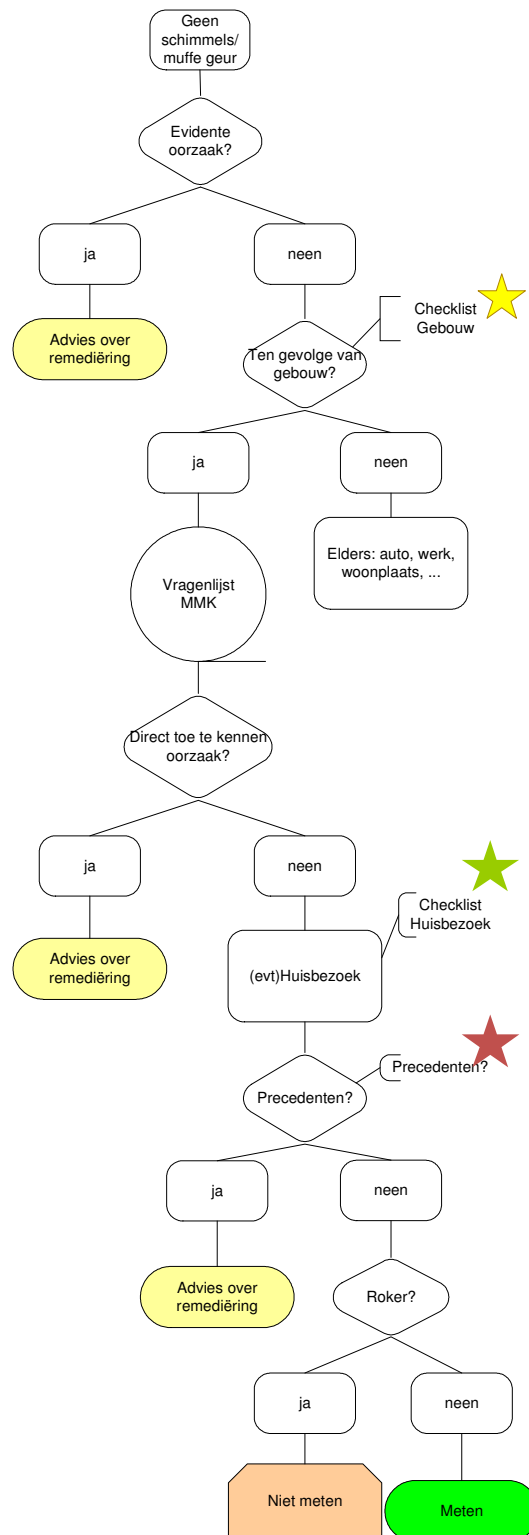
(8) Schimmelvorming in de woning voorkomen en remediëren

- dagelijks verluchten, ongeacht de buitentemperatuur
- verluchtingsroosters vrij laten (controleren of ze niet geblokkeerd zijn en regelmatig gereinigd worden)
- alle overmaat aan vocht in de woning vermijden
- de woning verluchten na douchen of baden
- zo beperkt mogelijk voedsel koken zonder deksel
- een ideale temperatuur tussen 18 en 21°C behouden in de woning
- waterlekken tijdig opsporen
- zorg ervoor dat er geen stilstaand water is in airconditioning systemen
- herstel lekken
- droog en reinig binnen de 24h tapijten of bouwmaterialen met waterschade (en overweeg verwijderen)
- onderhoud luchtbevochtigers en luchtdrogers zoals voorgeschreven in de handleiding van de toestellen
- voorzie verluchtingsroosters in badkamer en keuken
- droog gewassen kledij buiten
- controleer blootstelling aan huisdieren
- stofzuig tapijten en meubilair met bekleding regelmatig

Een uitvoerige opsomming van tips om vocht in een woning onder controle te houden in een nieuwbouw en bij renovatieprojecten, uitgebreid met informatie over de meerkost voor elke ingreep, is geïntegreerd in het rapport 'WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould' (US EPA "Source Ranking Database" <http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/srddl.htm>).

→ Klacht ten gevolge van gebouw

Figuur 15 Stappenplan voor behandeling van een klacht ten gevolge van een gebouw



(1) Stappenplan klacht ten gevolge van gebouw

Met het stappenplan voor klachten ten gevolge van het gebouw wordt van start gegaan wanneer er geen schimmels of muffe geur waargenomen worden in de woning, en er een geldige gemotiveerde aanvraag geformuleerd werd, door een arts of door de MMK.

In een eerste fase wordt gezocht naar een zogenaamde 'evidente' oorzaak, die logisch volgt uit de omschrijving van de klacht. Mogelijks kan de klacht het gevolg zijn van een buitenbron, zoals bijvoorbeeld een industrieterrein of een verbrandingsoven. Ook binnen kunnen zogenaamde 'evidente' oorzaken zijn. De bewoners kunnen bijvoorbeeld nieuwe parket geplaatst hebben, of recentelijk solventen gebruikt hebben. Deze situaties zijn gekend, en het meest doeltreffende advies aan de bewoners is voldoende te ventileren/verluchten.

Indien geen evidente oorzaak te vinden is, wordt overgegaan naar de 'checklist voor gebouw'. Hierin wordt een aantal vragen opgesomd, die kunnen helpen om de relatie tussen de gezondheidsklacht en het gebouw te identificeren. Deze vragen kunnen beantwoord worden via de MMK-vragenlijst. Mogelijks leidt deze '**checklist gebouw**' tot de vaststelling dat het probleem zich elders (op het werk, buiten, ...) situeert. In dit geval kan advies verleend worden. Indien de klacht toch eerder gebouwgebonden is, worden alle andere items van de MMK vragenlijst meer in detail bestudeerd.

Indien de informatie onvoldoende blijkt, wordt overgegaan tot een plaatsbezoek en/of een telefonisch contact. De '**checklist huisbezoek**', lijst een aantal aandachtspunten op, die kunnen bijdragen tot de identificatie van één of meerdere mogelijke bronnen. Vervolgens wordt de portaalsite geconsulteerd om precedents uit de ToVo-historiek op te zoeken. Mogelijks werden er reeds metingen uitgevoerd in een gelijkaardige situatie en kunnen deze data gebruikt worden voor de interpretatie van de nieuwe situatie. Mogelijks kan het verleende advies bij het precedent inspiratie bieden bij de nieuwe situatie.

Indien geen precedent van de situatie in kwestie bestaat in de ToVo-historiek, is dit een interessante situatie om over te gaan tot meting. Alvorens over te gaan tot meten, wordt nagegaan of in de woning gerookt wordt. Het is immers zo dat rookactiviteiten een dermate brede waaier aan polluenten in de binnenlucht brengen, dat het haast onmogelijk wordt om een brontoewijzing te doen, op basis van een meting.

(2) Meest voorkomende klachten ten gevolge van het binnenmilieu

Onderstaande biedt een overzicht van de meest voorkomende gezondheidsklachten in België en de rest van de wereld.

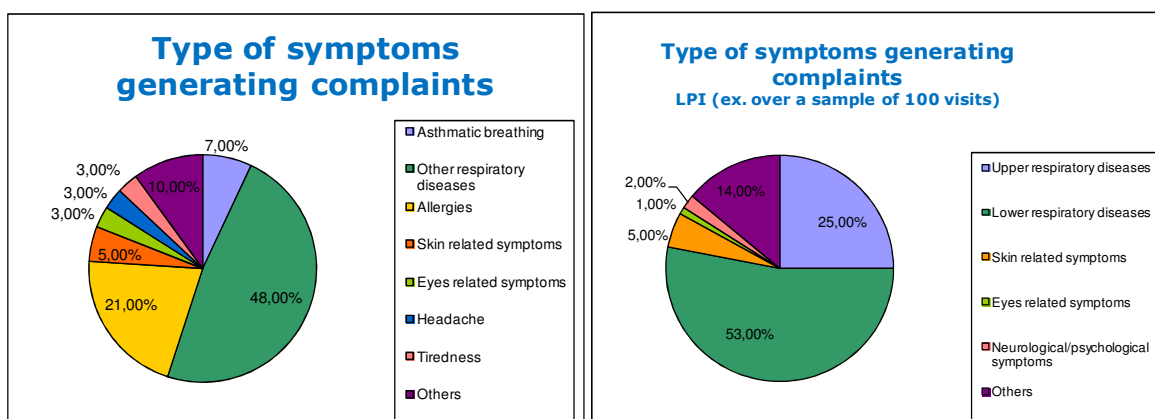
(3) Gezondheidsklachten in België

Alle klachten, opgenomen in de BiMi-rapportage, werden opgedeeld volgens 14 categorieën. Deze reeds geregistreerde klachten kunnen geleidelijk opgenomen worden in de database op de ToVo-portaalsite, en zo een volwaardig overzicht geven van de meest typische gezondheidsklachten in België.

Tabel 30 blijkt dat de meest voorkomende gezondheidsklachten betrekking hebben op de luchtwegen en op hoofdpijn. Onder de categorie “andere” vinden we nog uiteenlopende gezondheidsklachten met als meest voorkomende ongerustheid.

Tabel 30 Categorieën voor het indelen van gezondheidsklachten in BiMi-rapportage 2011

Gezondheidsklacht	Voorkomen
Allergie	4 %
Andere	20 %
Hinder	4 %
Huidirritatie	16 %
Irritatie slijmvliezen	8 %
Luchtwegklachten	4 %
Ongerstheid	31 %
Slaapproblemen	3 %
Geen	10 %



Figuur 16 Overzicht van meest voorkomende gezondheidsklachten in Wallonië en Brussel (ter illustratie)

(4) Gezondheidsklachten wereldwijd

Geurhinder kan aanleiding zijn voor een gezondheidsklacht. De meeste geurstoffen zijn organische componenten, in het bijzonder componenten met zwavel, stikstof en zuurstof, zoals alcoholen, aldehyden, ketonen, esters, aromatische componenten, terpenen en aminen. Ook geurloze contaminanten in het binnenmilieu kunnen aanleiding geven tot gezondheidsklachten.

Onderstaande tabel is afkomstig van het boek ‘Indoor Air Pollution – An introduction for health professionals’ (Indoor Air Pollution – An introduction for health professionals. American Lung Association, American Medical Association, US Consumer Product Safety Commission, US Environmental Protection Agency, 2001). In dit boek wordt een overzicht gegeven van mogelijke bronnen van contaminanten in een woning, en de gezondheidseffecten die als gevolg hiervan gerapporteerd worden. Het boek beschrijft ook een zogenaamde ‘Diagnostic Checklist’, waarin per

bron van pollutie, een oorzaak, mogelijke symptomen, tips om een diagnose te stellen, en acties voor remediëren, worden geformuleerd.

Signs and Symptoms	Environmental Tobacco Smoke	Other Combustion Products	Biological Pollutants	Volatile Organics	Heavy Metals	Sick Bldg Syndrome
Respiratory						
Rhinitis, nasal congestion	■	■	■	■		■
Pharyngitis				■		
Pharyngitis, cough	■	■	■	■		■
Wheezing, worsening asthma	■	■		■		■
Dyspnea	■		■			■
Severe lung disease						■
Other						
Conjunctival irritation	■	■	■	■		■
Headache or dizziness	■	■	■	■	■	■
Lethargy, fatigue, malaise		■	■	■	■	■
Nausea, vomiting, anorexia		■	■	■	■	
Cognitive impairment, personality change		■		■	■	■
Rhinitis			■	■	■	
Fever, chills			■		■	
Tachycardia		■			■	
Reduced hemoglobin		■				
Itchy eyes				■		■
Itching nose				■		

Tabel 3: Diagnostic Quick Reference (uit: *Indoor Air Pollution – An introduction for health professionals*)

Wereldwijd werden verschillende studies uitgevoerd naar de identificatie van contaminanten, afkomstig van typische producten, gebruikt in een woning en verantwoordelijk voor specifieke geurhinder. Typische bronnen zijn ventilatiesystemen, vloerbekleding, meubilair, houtlambrisering, sigaretten, schoonmaakproducten, 'human bioeffluents'. Voorbeelden van contaminanten, geëmitteerd door specifieke consumentenproducten zijn:

Formaldehyde (scherpe en irriterende geur): bijvoorbeeld in houten (lambrisering), meubilair, bouwmaterialen, bekledingsmateriaal meubilair

4-fenylcyclohexeen: nieuw tapijt

Aromatische componenten (tolueen, styreen, xyleen), aldehyden (formaldehyde, acetaldehyde), terpenen (α -pineen, limoneen): Meubilair, lijmen, luchtverfrissers en schoonmaakmiddelen

Aldehyden (hoofdzakelijk), carboxylzuren, N-bevattende componenten: Ventilatiesystemen (voornamelijk voorfilter)

Informatie over de emissie van consumentenproducten wordt verzameld in verscheidene internationale databases. Een voorbeeld hiervan is de 'Source Ranking Database', een initiatief van US EPA. Hierin wordt een systematische screening uitgevoerd, van 12.000 potentiële bronnen van

binnenluchtvervuiling, om zo producten of materiaalcategorieën met een hoge prioriteit te kunnen identificeren voor verder onderzoek. De database kan gebruikt worden om ofwel te bestuderen welke contaminanten geëmitteerd worden uit een consumentenproduct of productgroep, of om te bestuderen welke producten verantwoordelijk kunnen zijn voor de emissie van een bepaald contaminant. De Source Ranking Database is gratis te downloaden via de US EPA website (zie referentie 4 in 5.2.3)

(5) Interessante naslagwerken

1. Odors and volatile organic compounds released from ventilation filters. M. Hyttinen, P. Pasanen, M. Björkroth, P. Kalliokoski, Atmospheric Environment 41 (2007) 4029-4039
2. Assessment and predictor determination of indoor aldehyde levels in Paris newborn babies' homes. C. Dassonville, C. Demattei, A.M. Laurent, Y. Moullec, N. Seta, I. Momas, Indoor Air 19 (2009) 314-323
3. Indoor Air Pollution – An introduction for health professionals. American Lung Association, American Medical Association, US Consumer Product Safety Commission, US Environmental Protection Agency, 2001.
4. US EPA "Source Ranking Database"
<http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/srddl.htm>
5. Indoor Air ENVIE Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health effects. IDMIC, KTL, University of Milan, Helsinki University of Technology, Canfield University, JRC. 2009
6. Towards healthy air in dwellings in Europe; the THADE report. M. Franchi, P. Carrer, D. Kotzias, E. Ramaeckers, O. Peppänen, J. van Bronswijk, G. Viegi, EU 2004
7. A healthier home - but how? Practical Everyday Tips, Umweltbundesamt, Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risicobewertung, 2005
8. Wonen en Gezondheid (4e Editie), G. Tilborgs, D. Wildemeersch, K. De Schrijver. Vlaamse Overheid, Ministerie voor Welzijn, Volksgezondheid en Gezin, Agentschap Zorg en Gezondheid (2009).

(6) Luchtpollutie in de woning voorkomen en remediëren

Een overzicht van de meest voorkomende bronnen, de polluenten die ze veroorzaken en suggesties voor voorkomen of remediëren van binnenluchtvervuiling, werd geformuleerd in het THADE-project (Towards Healthy Air in Dwellings in Europe, EU 2004). De vertaling van dit overzicht wordt getoond in tabel 4. In Tabel 5 wordt, uit dezelfde studie, getoond welke de effectiviteit van verschillende acties zal zijn om bepaalde bronnen van binnenluchtvervuiling onder controle te houden.

Tabel 31 Gezondheids bepalende factoren in het binnenmilieu, de bijhorende bronnen en maatregelen om te voorkomen of remediëren (uit: Towards Healthy Air in Dwellings in Europe THADE)

Contaminant	Bron	Voorkomen/remediëren
Koolstofmonoxide (CO)	Onvolledige verbranding, verbranding in open haard, ovens en andere verwarmingstoestellen, tabaksrook	Voorzien van voldoende verluchting van verbrandingslucht, gebruik van schoorstenen om uitlaatgassen te verwijderen, drukverschillen controleren om terugslag te voorkomen. Roken in huis vermijden.
Koolstofdioxide (CO ₂)	Het metabolisme van bewoners en huisdieren. Nevenproduct van verbranding.	CO ₂ concentraties kunnen enkel onder controle gehouden worden door ventilatie. Hoe hoger de ventilatie, hoe lager de binnenconcentratie aan CO ₂
Stikstofoxiden (NOx)	Typische binnenbronnen: gasfornuizen, open gasvuur, en gasboiler. Roken.	Vermijd open-vlam verbranding binnen. Verwijder rookgas, gebruik schoorstenen. zorg voor een efficiënte ventilatie.
Binnen-gegenereerde particulate matter en stof	Tapijten, textiel, voedsel, dieren en planten,; ook bewoners, in geval grote bezettingsgraad	Vermijd stofgenererende materialen. Vermijd tapijten, in het bijzonder op publieke plaatsen, kinderdagverblijven, scholen enz. Verbeter schoonmaken, ventilatie en verluchting.
Chemicaliën, vluchtige organische stoffen (VOS)	Alle door de mens gemaakte bouwmaterialen emitteren VOS, in het bijzonder wanneer ze nieuw zijn. Schoonmaakmiddelen.	Beperk het gebruik van hoogemitterende producten. Verlucht nieuwe gebouwen en meubilair voor in gebruikname. Voorzie doeltreffende ventilatie.
Formaldehyde	Bouwmaterialen, spaanplaat, huishoudchemicaliën, tabaksrook, tapijten en andere huishoudtextielen.	Beperk de emissie van bronnen door laag-emitterende producten te ontwikkelen en te gebruiken. Gebruik enkel spaanplaten met het label 'laag emitterend' Vermijd roken binnenshuis
Tabaksrook	Secundaire rook o.v.v. deeltjes en gasvormige bestanddelen. Kleine deeltjesgrootte. Absorptie en desorptie op muren, moeilijk te verwijderen uit lucht en van oppervlaktes.	Voorkom binnen roken, verbied roken in een woning. Voorzie een rookkamer daar waar roken nog is toegestaan.
Door de mens gemaakte minerale vezels (Man made mineral fibres - MMMF)	MMMF worden gebruikt in isolatiematerialen, en in akoestische bekleding. De vezels zijn irriterend.	Het gebruik van niet-gecoate minerale wollen binnen vermijden en goed ventileren indien wel gebruikt.
Schimmels (fragmenten, sporen, schimmels, microbiële VOS)	Schimmelgroei wordt bepaald door vocht: natte plaatsen, waterlekken, condensatie, hoge luchtvochtigheid binnen. Fragmenten van mijten en fecale schilfers	Voorkom en herstel vochtschade en lekken. Verbeter ventilatie. Waak over drukverschillen tussen buiten- en binnenoppervlakten of structuren. Controleer binnenbronnen van vocht.

Huisstofmijt	Fragmenten van huisstofmijt en fecaliën, opgeslagen in tapijten en textiel. Huisstofmijten verkiezen een redelijk hoge relatieve vochtigheid.	Reduceer de relatieve vochtigheid in de woning: verhoog ventilatie, reduceer vochtproblemen, gebruik een ontvochtiger
Huisdieren	Fragmenten van huid en haar (bvb honden en katten, enz). Alle dieren met een vacht zijn risicofactoren in woningen en hebben een hoog potentieel om allergie te veroorzaken. Kunnen meegenomen worden op de kledij van de diereneigenaars. Moeilijk te elimineren met schoonmaken.	Vermijd dieren met een vacht in woningen waar bewoners met een ernstige allergie zijn. Doeltreffend schoonmaken, gebruik luchtzuiveraars.
Kakkerlakken	Gerelateerd met lage huishoudhygiëne	Verbeter de huishoudhygiëne: Schoonmaken, ventilatie, vochtcontrole
Pollen	Relatief grote deeltjesgrootte, maar kleine fragmenten van planten kunnen allergenen dragen: berk, els, linde, eik, beuk, olijfboom, grassen, bijvoet, enz	Dichte gebouwschil en infiltratie van lucht uit buitenlucht. Gebruik van luchtreinigers.

Tabel 32 Effectiviteit van de belangrijkste acties voor voorkomen en remediëren

Contaminant	Verbeteren van ventilatie	Betere schoonmaak en huishoudhygiëne	Vermijd tapijten	Controle van vocht	Controle van de bron
Koolstofmonoxide	+				+++
Koolstofdioxide	+++				
Stikstofoxiden	++				+++
Binnen gegenereerde deeltjes en stof	+	+++	+++		
Formaldehyde	+		+		+++
Chemicaliën en VOS	++		+		+++
Tabaksrook					+++
Man made mineral fibres		++			+++
Schimmels	++			+++	
Huisstofmijt	++	++	++	+++	
Kakkerlakken		+++			
Huisdieren		++	+		++
Pollen	+	+	+		+

(7) Checklist gebouw

Deze 'Checklist Gebouw', tracht een antwoord te bieden op de vraag

'Is de klacht mogelijk gevolg van het gebouw?'

Belangrijke vragen hierbij zijn:

- Wie heeft er klachten? (omvang van het probleem):
 - Enkel de klager
 - De klager en de huisgenoten
 - De klager en de burens
- Waar treden de klachten op?
 - De klachten zijn verbonden aan verblijf binnenshuis
 - De klachten zijn verbonden aan een bepaalde ruimte in woning
- Wanneer treden de klachten op? Informatie verzamelen over
 - De relatie met tijdstip van de dag of seizoen
 - De relatie met de weersomstandigheden
 - De relatie met de woonomgeving
- Hoe lang duren de klachten?

- Hoe lang zijn er al klachten?
- Steeds dezelfde klachten?
- Steeds bij betreden woning?
- Werd er recent iets veranderd in woning of omgeving?
 - Nieuwe wooninrichting,
 - Renovatiewerken,
 - nieuwe wagen,
 - andere werkomgeving, ...

(8) Checklist huisbezoek

Volgende belangrijke aandachtspunten bij huisbezoek:

- Inspectie van de woning
 - Type woning
 - Staat en onderhoud van de woning
 - Indeling woning
 - Ventilatievoorziening
 - Verwarming
 - Geur
 - Vochtverschijnselen – schimmels
 - Geluid
- Inspectie woonomgeving
 - Ligging van de woning (industrie – verkeer – bodemverontreiniging in de buurt....)

→ Besluit

Deze huidige versie van de leidraad voor klachtenregistratie is een instrument om een objectieve en wetenschappelijk onderbouwde, uniforme aanpak te creëren voor het behandelen van binnenmilieuklachten. Dit document kan in de toekomst nog bijgestuurd en verder verfijnd worden, om uiteindelijk een instrument te bekomen waarmee ook meetcampagnes op kleine schaal kunnen opgesteld worden.

7.2. OVERZICHT VAN KLACHTENWONINGEN 2008-2012

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de klachten die behandeld werden van 2008 tot en met 2012. De klachten worden geanalyseerd op basis van de aard van de gezondheidsklacht, de opgegeven invloedsfactoren en de gemeten pollutanten.

Voor de individuele verwerking van de klachten en de evaluatie van de resultaten ten opzichte van het Vlaams Binnenmilieubesluit en andere relevante richtlijnen, wordt verwezen naar de portaalsite. Hierin worden alle klachten van 2008 tot heden, met relevante communicatie en rapportering, geïnventariseerd.

7.2.1. OVERZICHT VAN DE KLACHTENWONINGEN 2008-2012

De voorbije 4 jaren werden in totaal 54 gezondheidsklachten geregistreerd op de portaalsite. Deze klachten bereikten VITO via het Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid of rechtstreeks. Luchtkwaliteitsmetingen werden uiteindelijk uitgevoerd in een selectie van 27 klachtenwoningen. Een overzicht van deze klachten, met indicatie van het al dan niet uitvoeren van metingen, wordt getoond in Tabel 33.

Tabel 33 Overzicht van de geregistreerde klachten op de portaalsite

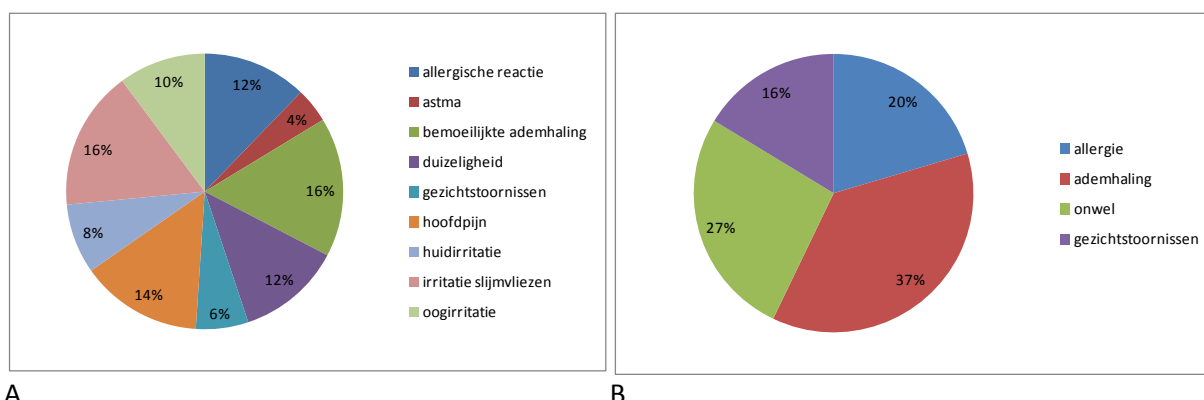
Klachtomschrijving	Meting?
Magnetische straling	Nee
Geurhinder in woning	Neen
Benzeen	Ja
Lijmgeur afkomstig van parket	Ja
Allergische reactie	Ja
Aldehyde in woning	Nee
Geur en smaak probleem	Ja
Gezondheidsprobleem	Nee
Gezondheidsproblemen door vocht en fijn stof	Nee
geurhinder in winkelcentrum	Ja
asbest crèche	Ja
Fijn stof en samenstelling in appartement	Nee
Vraag voor informatie over luchtkwaliteit in huis	Nee
Astma-aanvallen in woning	Nee
geurhinder in appartement	Nee
Astma na verhuis	Ja
Ventilatie/airco buitenschoolse kinderopvang	Nee
'iets' in de woning	Ja
Arseen in woning?	Nee
Houtmassiefbouw-woning	Nee
Astma in woning	Ja
Fijn stof in klas	Nee
Formaldehyde door bouwmaterialen	Nee
Kwikdampen spiegel	Ja
Gezondheidsklachten in slaapkamer	Nee
Tabaksrook in sociale woning	Ja
Elektromagnetisch veld in appartement	Nee
Luchtvervuiling in woning vs praktijkruimte	Ja
Geïrriteerde ademhaling door renovatiewerken	Nee
Cd in stof in woning Molenstede	Nee
Gezondheidsklacht	Ja
Zwarting op muren appartementsgebouw	Nee
Schimmelvorming in woning	Nee
Geurhinder in Slaapkamer	Nee
Schimmels in nieuwbouwwoning	Nee
Gezondheidsklachten in woning	Ja
Mazoutgeur in crèche	Ja
Gezondheidsklachten in slaapkamer - 2	Ja
Vervolg Tabel 33	
VOS na injectie muren	Ja
Asbest in schuur	Ja

Carbolineum in woning	Nee
Luchtkwaliteit op school	Ja
Allergische reacties in woning	Ja
Zware metalen in depositiestof	Ja
Stof in klaslokaal	Nee
VOS in muren na injectie - bis	Ja
Geurhinder ten gevolge van isolatie zolder	Nee
Contaminatie binnenmilieu kantoorruimte	Ja
VOS na injectie in muren	Ja
Kwikcontaminatie	Ja
Pentachloorfenol	Ja
VOS na injectie in muren	Ja
Gezondheidsklachten in woning	Ja

7.2.2. KLACHTEN MET METINGEN, OPGEDEELD VOLGENS GEZONDHEIDSKLACHTEN

Voor elke geregistreerde klacht werd bij de invoering op de portaal-site aangeduid welke gezondheidsklachten geassocieerd werden met de klacht. Op basis van de informatie die VITO ontving, werden symptomen in volgende keuzelijst aangeduid: allergische reactie, astma, bemoeilijkte ademhaling, duizeligheid, gezichtsstoornissen, hoofdpijn, huidirritatie, irritatie van de slijmvliezen, en oogirritatie. Figuur 17 A geeft een overzicht weer van de verdeling van deze symptomen. Op basis van deze voorstelling blijkt dat er een eerder gelijke verdeling was over de verschillende symptomen, bij alle gezondheidsklachten waar luchtkwaliteitsmetingen werden uitgevoerd.

Echter, bij het hergroeperen van de klachten volgens “onwel voelen”, “allergie”, “ademhalings”, “gezichtsstoornis”-gerelateerd, wordt zichtbaar dat het merendeel van de klachten ademhalingsgerelateerd is; de tweede grootste groep blijkt klachten die verband houden met ‘zich onwel voelen’.

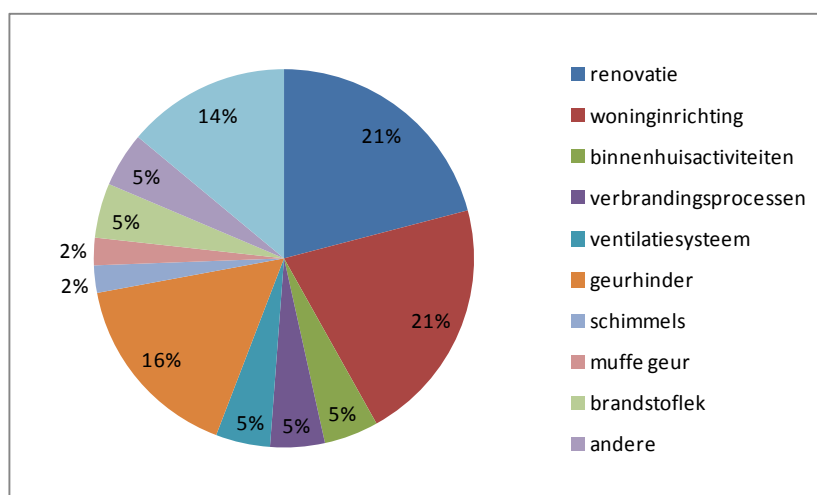


A B
Figuur 17 Overzicht van voorkomende gezondheidssymptomen, bij klachten met metingen

7.2.3. KLACHTEN MET METINGEN, OPGEDEELD VOLGENS MOGELIJKE INVLOEDSFACTOREN

Bij elke geregistreerde klacht, met of zonder metingen, werd eveneens opgegeven welke de mogelijke invloedsfactoren waren. In een keuzelijst werden vervolgens één of meerdere factoren aangeduid: renovatie, woninginrichting, binnenhuisactiviteiten, verbrandingsprocessen, ventilatiesysteem, geurhinder, schimmels, muffe geur, brandstoflek, of andere.

Figuur 18 toont een overzicht van deze invloedsfactoren, opgegeven voor de klachtenwoningen met metingen. Uit het overzicht blijkt duidelijk dat 'renovatie' en 'woninginrichting' de meest frequent opgegeven oorzaken van luchtkwaliteitsproblemen zijn. Geurhinder wordt vervolgens ook vaak aangegeven als een invloedsfactor, die de gezondheidsklachten veroorzaakt.

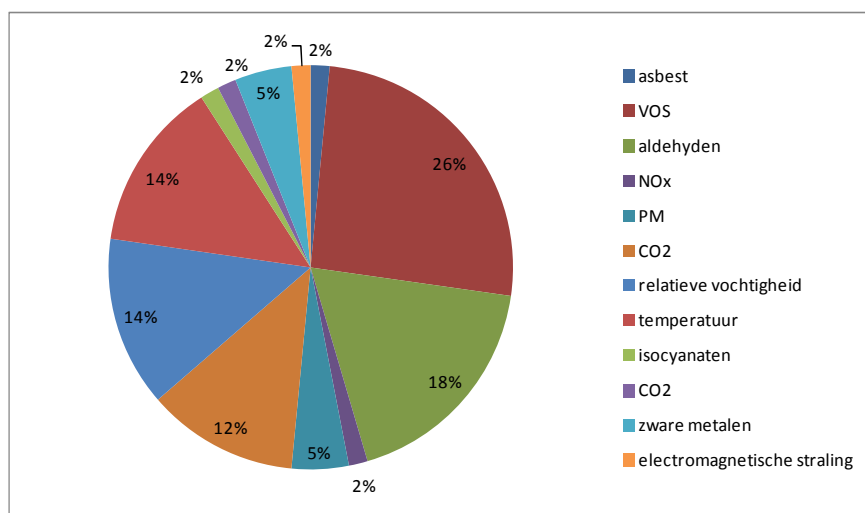


Figuur 18 Overzicht van invloedsfactoren, opgegeven bij klachten met metingen

7.2.4. KLACHTEN MET METINGEN, OPGEDEELD VOLGENS GEMETEN POLLUENTEN

Figuur 19 toont de frequentie waarop polluenten gemeten werden in de klachtenwoningen. Op basis van dit overzicht zijn VOS en aldehyden de polluenten die het meest frequent in verband gebracht werden met de aard van de klacht, dus met de invloedsfactoren die opgegeven worden.

Temperatuur en relatieve vochtigheid worden ook frequent opgenomen bij metingen in de klachtenwoningen. Andere polluenten zoals zware metalen, worden slechts gemeten in bijzondere situaties.



Figuur 19 Overzicht van de polluenten, gemeten in klachtenwoningen

HOOFDSTUK 8. CONCLUSIES EN BELEIDSAANBEVELINGEN

8.1. CONCLUSIES

8.1.1. DE DATASET

De bestudeerde Surveillance klachtenvrije woningen vormen een realistische weerspiegeling van het huidig gebouwpatrimonium in Vlaanderen, qua ouderdom, ligging en omgeving. Een evenredige weerspiegeling van alle sociaal economische klassen van de maatschappij werd echter niet verkregen; uit de bevraging bleek dat het merendeel van de deelnemers beschikte over een diploma gelijk of hoger dan lager secundair onderwijs.

Centrale verwarming op gas kwam het meest frequent voor in deze dataset, een kleinere groep wordt verwarmd met centrale verwarming op stookolie. In de meerderheid van de woningen wordt elektrisch gekookt, slechts in 30% wordt op aardgas gekookt. 94% van de woningen beschikt over een afzuigsysteem; 77% hiervan gebruikte deze bij kookactiviteiten tijdens de metingen.

43% van de woningen werd recent verbouwd of verfraaid. Herbemeubeling kwam duidelijk minder frequent voor in deze dataset (17%).

In 4.3% van de woningen werd frequent gerookt.

8.1.2. DE RESULTATEN

De parameters 'afstand tot de weg' en woonomgeving blijken goede indicatoren voor de NO₂ concentratie in de woonkamer. Zo werd een statistisch significante daling van de concentratie gevonden tussen de categorieën 'stedelijk centrum', 'stedelijke achtergrond' en 'landelijke achtergrond'. De concentratie daalde ook significant met een toenemende afstand van de woning tot de dichtstbijgelegen weg.

Hoewel geen verband tussen herbemeubeling en TVOS of totaal aldehyden gevonden werd, bleek de concentratie totaal aldehyden significant verhoogd te zijn in woningen waarin recente verbouwings- of verfraaiingswerken plaatsvonden. De aanwezigheid van kurkvloeren of – muren ergens in de woning bleek echter geen directe verhoging van de furfural-concentratie in de woonkamer met zich mee te brengen.

Het gebruik van een gasfornuis, en voornamelijk het gebruik van een gasfornuis in combinatie met gasverwarming, brengt eveneens een significante verhoging van NO₂ in de woonkamer met zich mee. Een open keuken of toegangsdeur tot de garage blijkt geen significante invloed te hebben op de gemeten componenten in het binnenmilieu. Voor de garagedeur moet hierbij echter opgemerkt worden dat er geen rekening gehouden kon worden met de afstand van de toegangsdeur tot de woonkamer.

Aangezien de grote meerderheid van de woningen niet beschikte over een mechanisch ventilatiesysteem, kan het effect ervan niet bestudeerd worden in deze dataset. Uit analyse van de gegevens bleek wel dat navraag van de parameter 'verluchten' bij bewoners, niet leidt tot een kwantitatieve, waardevolle schatting van de gebouwverluchting. De CO₂ gehalten bleken immers gemiddeld hoger in woningen waarvan een frequente verluchting via raamopening vermeld werd.

8.1.3. DE RESULTATEN TEN OPZICHTE VAN HET VLAAMS BINNENMILIEUBESLUIT

Algemeen kan gesteld worden dat de richtwaarden uit het Vlaams BiMi vaak ambitieuzer zijn dan deze in andere EU lidstaten of regio's.

Voor formaldehyde en CO₂ werd de richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit overschreden in meer dan 90% van de woningen. Ook voor TVOS werd de richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit overschreden in 86% van de woningen. De benzeen richtwaarde werd overschreden in 21% van de woningen, terwijl de interventiewaarde in 1.3% van de woonkamers overschreden werd.

Zowel tijdens de winter als de zomermetingen werden in ongeveer de helft van de woningen temperaturen onder de benedengrens van het Vlaams Binnenmilieubesluit geregistreerd.

Voor trichlooretheen, acetaldehyde en NO₂ werd in geen enkele woning de BiMi richtwaarde overschreden. Voor tolueen en tetrachlooretheen gebeurde dit in een bijzonder kleine minderheid van de woningen (respectievelijk in 0,7% en 0,2% van de woningen).

8.1.4. HET VLAAMS BINNENMILIEUBESLUIT TEN OPZICHTE VAN ANDERE RICHTWAARDEN

Momenteel werden enkel de richt- en/of interventiewaarden voor formaldehyde, PM_{2.5} en PM₁₀ uit het Vlaams BiMi voorzien van een uitmiddelingsstijd. Het vervolledigen van alle of het merendeel van de richt- en interventiewaarden met uitmiddelingsstijden zou een ondubbelzinnige evaluatie en interpretatie van binnenmilieuconcentraties aan het Vlaams BiMi bevorderen. Zodoende kunnen ook de meetmethodes afgestemd worden op de geadviseerde uitmiddelingsstijd, en dienen meetcampagnes met als doel het BiMi te evalueren, indien nodig aangepast te worden. De benchmark van de richt- en interventiewaarden voor benzeen en NO₂ wordt omwille van deze reden complex, en toont duidelijk de nood aan uitmiddelingsstijden.

Vergelijkbare grens- en richtwaarden uit andere landen of regio's kunnen vastgesteld worden voor zowel tolueen en formaldehyde. De richtwaarden uit het Vlaams BiMi zijn hoger dan deze uit andere landen voor trichloorbenzeen en NO₂. Het Vlaams BiMi is 'strenger' voor componenten als tetrachlooretheen, TVOS, totaal andere aldehyden, CO en CO₂.

Voor de componenten ethylbenzeen, styreen, dichloormethaan, C9-C14 alkanen, pineen, limoneen, naftaleen, benzo(a)pyreen, benzaldehyde, fenol, pentachloorfenol, TCEP, ozon, zwaveldioxide, en metallisch kwik bestaan richt- of interventiewaarden in andere landen of regio's, maar niet in Vlaanderen. Een aantal ervan werd in kaart gebracht in de surveillance naar klachtenvrije woningen en blijkt in bijzonder lage concentraties, ver beneden de richtwaarden uit andere landen of regio's, voor te komen in Vlaanderen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat d-limoneen, de VOS component is die veelal in alle bestudeerde binnenmilieus in de hoogste concentratie voorkomt. Deze component is tevens gevoelig aan secundaire reacties met reactieve moleculen als ozon, waarbij secundair organisch aerosol en andere minder vluchtige intermediaire componenten gevormd worden in het binnenmilieu. De gezondheidseffecten van deze intermediaire componenten worden momenteel bestudeerd.

8.1.5. EMERGING POLLUTANTS

In dit luik werden drie gevalsstudies uitgewerkt, waarbij telkens de meetprocedure (meettechniek, analysetechniek) geoptimaliseerd werd en een screening uitgevoerd werd van het voorkomen ervan in het binnenmilieu van Vlaamse klachtenvrije woningen. De aandacht ging hierbij uit naar een set extra VOS-componenten (die initieel geen deel uitmaakten van de surveillance naar

klachtenvrije woningen), naar ftalaten, naar MVOS en naar aldehyden (naast formaldehyde en acetaldehyde).

Voor de VOS componenten n-butylacetaat, α -pineen, 3-careen en d-limoneen werd een ijklijn opgesteld en werd een screening in een eerste set woningen van 2010 uitgevoerd. Gezien de sterke link met het gebruik van consumentenproducten binnenshuis, werd een aanzienlijke spreiding op de resultaten waargenomen. Daarom werden deze VOS-componenten vervolgens toegevoegd aan de Surveillance naar klachtenvrije woningen vanaf 2011. Deze resultaten werden opgenomen in de beschrijving en analyse van de klachtenvrije woningen.

De meest abundante aldehyden die gekwantificeerd werden in de surveillance klachtenvrije woningen van 2012 waren formaldehyde, benzaldehyde en hexaldehyde. Uit een screening van 2 surveillance stalen werd dit bevestigd. Daarnaast werden op basis van deze screening en op basis van literatuur de volgende potentieel interessante andere aldehyden in binnenlucht aangeduid: isobutanal en nonaldehyde. Kwantificatie van deze laatsen in de binnenmucht vereist nog enkele optimalisatiestappen.

Voor de detectie van ftalaten werd een nieuwe meettechniek geoptimaliseerd, aangezien traditionele meetmethoden van SVOS (semi vluchtige organische stoffen) typisch omvangrijke, luide hoge-volume pompen hanteren; niet geschikt voor metingen in het binnenmilieu. Bij de nieuwe actieve meettechniek wordt de binnenlucht door middel van een pomp over een adsorberend PDMS-tenax patroon gezogen. Na optimalisatie bleek de techniek geschikt voor de meting van 7 ftalaten in het binnenmilieu. Nadere studie van de bemonsterde fractie op het patroon wees erop dat de PDMS-tenax methode zowel gasfase als grotere stofdeeltjes, zogenaamde TSP (Total suspended particulate matter) collecteert, en dus een beeld zou geven van alle ftalaten aanwezig in de gasfase en stoffractie in de binnenlucht.

8.1.6. BINNENMILIEU KLACHTEN WONINGEN

Uit een overzicht van de behandelde klachten blijkt dat ademhalingsklachten de meest voorkomende klachten zijn. Renovaties en veranderingen in woninginrichting zijn de meest voorkomende oorzaken van binnenmilieuklachten. Bijgevolg zijn vluchtige organische stoffen en aldehyden de pollutanten die het meest frequent gemeten werden in klachtenwoningen.

8.2. BELEIDSAANBEVELINGEN

Met betrekking tot de woningselectie en het in kaart brengen van gebouwkarakteristieken:

- Om vergelijking met deze dataset te garanderen, wordt aangeraden de vragenlijst te behouden in verdere studies binnen dit kader.
- De bestudeerde populatie klachtenvrije woningen geeft een duidelijk beeld van traditionele woningen in Vlaanderen, d.i. voornamelijk woningen ouder dan 20 jaar. Om een volledig beeld te geven van het gebouwpatrimonium in Vlaanderen ontbreken echter:
 - o Lage-energie woningen en passief woningen:
Slechts 3,1% van de dataset bestaat uit woningen jonger dan 2 jaar. De studie 'Clean Air, Low Energy, December 2012' van het departement Leefmilieu, Natuur en Energie en het Vlaams Energieagentschap, werd volledig gewijd aan dit type woningen.

- Recent gerenoveerde woningen:
Gerenoveerde gebouwen maken slechts een beperkt deel uit van deze dataset. 43% van de woningen in de Surveillance werd minder dan een jaar geleden verfraaid of gerenoveerd, maar dit kan variëren van schilderwerken tot afbraakwerken en grote wijzigingen in het gebouw. De eigenlijke invloed van specifieke gebouwrenovaties kan dus niet gekwantificeerd worden in dit onderzoek. Uit de bestudeerde klachtenwoningen blijkt dat renovaties een veelvoorkomende oorzaak zijn van gezondheidsklachten in de woning.
- Sociale woningen:
Sociale woningen werden niet opgenomen in dit onderzoek, omdat de bewoners (meestal niet bewoond door de gebouweigenaar) op een andere manier bereikt moeten worden. Toch is dit een belangrijke doelgroep voor verder onderzoek, internationaal bevestigen meerdere studies het verband tussen het binnenmilieu en de sociale klasse van de bewoners. Om deze woningen te onderzoeken zal eerder gerekruteerd moeten worden via sociale huisvestingsmaatschappijen en zullen de bewoners op aangepaste wijze benaderd moeten worden.
- Lagere sociaal-economische status
Om deelnemers uit lagere sociaal-economische lagen van de maatschappij te rekruteren voor deelname aan een dergelijk onderzoek naar binnenluchtkwaliteit, zal een aangepaste rekruteringsstrategie toegepast moeten worden. Voor de selectie van de deelnemers zou bijvoorbeeld de SES-score gebruikt kunnen worden, welke een combinatie is van een aantal parameters, zoals aantal bewoners per huishouden, hoogste opleidingsniveau van de gezinsleden, aantal gezinsleden tussen 18-59 jaar die voltijds werken, aantal voltijdse betrekkingen van alle gezinsleden, aantal personen ouder dan 60, oppervlakte van de woning, en aantal kamers (Ormandy, 2009 In: Social inequalities and their influence on housing risk factors and health, base don the WHO LARES database, M. Bruaback and J. Savelsberg, WHO 2009). Vervolgens zal bij het contacteren bijzondere aandacht moeten uitgaan naar het benaderen en informeren van de deelnemers.
- Publieke gebouwen:
Het Vlaams BiMi heeft ook betrekking op publieke gebouwen. Deze gebouwen zijn mogelijks gekarakteriseerd door een ander binnenmilieu dan dit in traditionele woningen, bijvoorbeeld door andere materialen of producten die in deze gebouwen gebruikt worden. Bijgevolg is het binnenmilieu in de Surveillance naar Vlaamse klachtenvrije woningen mogelijks niet representatief voor publieke gebouwen, en is onderzoek nodig om na te gaan hoe het binnenmilieu in dit type gebouwen zich verhoudt tot het Vlaams Binnenmilieubesluit.

Met betrekking tot gebouwverluchting:

- De CO₂ richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit wordt overschreden in 94% van de bestudeerde woningen. De richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit bedraagt echter de helft van deze die geldt in Duitsland. Minstens 75% van de bestudeerde klachtenvrije woningen zou voldoen aan de Duitse richtwaarde voor een veilige drempel. De grote meerderheid van de bestudeerde woningen is niet uitgerust met een mechanisch ventilatiesysteem. Uit een recent onderzoek naar de luchtkwaliteit in mechanisch geventileerde woningen (Clean Air Low Energy, 2012, LNE en VEA) blijkt echter dat, ondanks het feit dat het gemiddelde CO₂-gehalte in deze geventileerde woningen lager is,

in een vergelijkbaar percentage woningen de richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit overschreden wordt.

- De bevraging van bewoners naar verluchting via opening van ramen is geen goede indicator voor gebouwverluchting

Met betrekking tot binnenhuisbronnen:

- De formaldehyde-richtwaarde uit het Vlaams Binnenmilieubesluit wordt overschreden in 93% van de bestudeerde woningen; de TVOS richtwaarde in 86% van de woningen. Voor beide parameters worden richtwaarden van vergelijkbare grootteordes teruggevonden in andere EU lidstaten en in regio's. In de toekomst kunnen concentraties in het binnenmilieu in dit geval daarom gereduceerd worden op twee manieren:
 - o Verhoging van het ventilatievoud: in de studie Clean Air Low Energy wordt bij een hoger ventilatievoud een lichte tendens van verlaagde concentraties waargenomen
 - o Het invoeren van een etikettering of product labels voor bouwmaterialen en producten typisch binnenshuis gebruikt. Uit de surveillance blijkt immers het verband tussen totaal aldehyden in het binnenmilieu en recente renovatie- of verbouwingswerken in de woning. Het gebruik van laag-emitterende producten zou deze bronnen reduceren (<http://www.blauer-engel-produktwelt.de/>).
- Een effect van het gebruik van luchtverfrissers, schoonmaakproducten of andere huishoudproducten op het binnenmilieu kon niet afgeleid worden in deze dataset. Dit is echter voornamelijk te wijten aan het feit dat de luchtverfrissers zich op verschillende plaatsen in de woningen kunnen bevinden, op verschillende afstand van de meetplaats in de woonkamer. De emissies van luchtverfrissers op het binnenmilieu zijn echter niet te ontkennen, en worden gekwantificeerd in de Europese studie EPHECT (www.ephect.eu).

Met betrekking tot de richtwaarden uit het Vlaams Binnenmilieubesluit

- Algemeen kan gesteld worden dat de richtwaarden uit het Vlaams BiMi vaak ambitieuzer zijn dan deze in andere EU lidstaten of regio's.
- Het ontbreken van een uitmiddelingsstijd maakt een benchmark met andere beleidsdocumenten vaak complex, dit voornamelijk voor componenten als benzeen en formaldehyde. Uitmiddelingsstijden zouden de evaluatie van het binnenmilieu tov het Vlaams BiMi ondubbelzinnig maken. Vervolgens zouden meettechnieken en methoden geadviseerd kunnen worden, om luchtconcentraties binnen de respectievelijke uitmiddelingsstijd te kunnen kwantificeren. Om geschikte uitmiddelingsstijden voor Vlaanderen voor te stellen is het noodzakelijk dat deze benchmark naar richt-, grens- en advieswaarden voor de binnenluchtkwaliteit uitgevoerd wordt op grotere schaal dan dit overzicht van de situaties in onze buurlanden. De uitgebreide inventaris zal dan andere Europese lidstaten en relevante landen/regio's buiten Europa in rekening moeten brengen.
- Van een aantal pollutanten uit het Vlaams Binnenmilieubesluit zoals asbest, ozon, PM_{2,5} en PM₁₀ is tot nu toe nog geen referentiewaarde in klachtenvrije woningen ter beschikking. Het voorkomen hiervan zou steekproefsgewijs nagegaan kunnen worden.
- De consequentie die gepaard gaat met een overschrijding van een interventiewaarde is in sommige situaties groot. Het overschrijden van een interventiewaarde kan ook betekenen dat een interventie uitgevoerd dient te worden binnen een vastgestelde periode, om de binnenconcentratie van bijvoorbeeld benzeen te reduceren (bijvoorbeeld een slechtwerkende verwarmingsinstallatie). Het zou dan gepast zijn om de doeltreffendheid van de interventie nadien aan te tonen door middel van een tweede luchtkwaliteitsmeting. Onbewoonbaarheid lijkt geschikt als volgende stap, indien de interventie niet doeltreffend was.

-
- Een aantal pollutanten wordt niet opgenomen in het Vlaams Binnenmilieubesluit. Meest opmerkelijk zijn de terpenen d-limoneen, α -pineen en 3-careen. Deze componenten worden momenteel nader bestudeerd in verschillende Europese onderzoeken. De gevoeligheid van deze componenten om te reageren met actieve bestanddelen zoals ozon, en daarbij secundair organisch aerosol en andere reactieve intermediairen te vormen maakt hen een belangrijke parameter om op te nemen in een beleidsdocument zoals het Vlaams Binnenmilieubesluit. Uit onderzoek blijkt ook dat d-limoneen één van hoogst geconcentreerde VOS-componenten, zonet de hoogst geconcentreerde is, in Vlaamse woningen.

LITERATUURLIJST

A healthier home - but how? Practical Everyday Tips, Umweltbundesamt, Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risicobewertung, 2005

A healthier home - but how? Practical Everyday Tips, Umweltbundesamt, Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risicobewertung, 2005

Assessment and predictor determination of indoor aldehyde levels in Paris newborn babies' homes. C. Dassonville, C. Demattei, A.M. Laurent, Y. Moullec, N. Seta, I. Momas, Indoor Air 19 (2009) 314-323

Assessment and predictor determination of indoor aldehyde levels in Paris newborn babies' homes. C. Dassonville, C. Demattei, A.M. Laurent, Y. Moullec, N. Seta, I. Momas, Indoor Air 19 (2009) 314-323

<http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/srddl.htm>

Indoor Air ENVIE Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health effects. IDMIC, KTL, University of Milan, Helsinki University of Technology, Canfield University, JRC. 2009

Indoor Air ENVIE Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health effects. IDMIC, KTL, University of Milan, Helsinki University of Technology, Canfield University, JRC. 2009

Indoor Air Pollution – An introduction for health professionals. American Lung Association, American Medical Association, US Consumer Product Safety Commission, US Environmental Protection Agency, 2001.

Indoor Air Pollution – An introduction for health professionals. American Lung Association, American Medical Association, US Consumer Product Safety Commission, US Environmental Protection Agency, 2001.

Non-cancer effects of formaldehyde and relevance for setting an indoor air guideline, P. Wolkoff, G.D. Nielsen; Environment International 36, 788-799, 2010

Odors and volatile organic compounds released from ventilation filters. M. Hyttinen, P. Pasanen, M. Björkroth, P. Kalliokoski, Atmospheric Environment 41 (2007) 4029-4039

Odors and volatile organic compounds released from ventilation filters. M. Hyttinen, P. Pasanen, M. Björkroth, P. Kalliokoski, Atmospheric Environment 41 (2007) 4029-4039

Partitioning of phthalates among the gas phase, airborne particles and settled dust in indoor environments, C.J. Weschler, T. Salthammer, H. Fromme; Atmospheric Environment 42, 1449-1460, 2008

Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde in der Innerraumluft; Bekanntmachung des Umweltbundesamtes; Bundesgesundheitsblatt 2; 2009

Semivolatile organic compounds in indoor environments, C.J. Weschler, W.W. Nazaroff; atmospheric Environment 21, 9018-9040; 2008

SVOC partitioning between gas phase and settled dust indoors, C.J. Weschler, W.W. Nazaroff; Atmospheric Environment 44, 3609-3620; 2010

Towards healthy air in dwellings in Europe; the THADE report. M. Franchi, P. Carrer, D. Kotzias, E. Ramaeckers, O. Peppänen, J. van Bronswijk, G. Viegi, EU 2004

Towards healthy air in dwellings in Europe; the THADE report. M. Franchi, P. Carrer, D. Kotzias, E. Ramaeckers, O. Peppänen, J. van Bronswijk, G. Viegi, EU 2004

US EPA "Source Ranking Database"

US EPA "Source Ranking Database" <http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/srddl.htm>

Wonen en Gezondheid (4e Editie), G. Tilborgs, D. Wildemeersch, K. De Schrijver. Vlaamse Overheid, Ministerie voor Welzijn, Volksgezondheid en Gezin, Agentschap Zorg en Gezondheid (2009).

Wonen en Gezondheid (4e Editie), G. Tilborgs, D. Wildemeersch, K. De Schrijver. Vlaamse Overheid, Ministerie voor Welzijn, Volksgezondheid en Gezin, Agentschap Zorg en Gezondheid (2009).

BIJLAGE A MEETBAARHEID VAN SEMI-VLUCHTIGE ORGANISCHE COMPONENTEN: FTALATEN

SVOS component	Meetbaarheid	Te verwachten range	Opgenomen in ijklijn
DEHP: di-2-ethylhexyl phthalate	Ok	50-200 ng/m ³ (Weschler et al. 2008)	X
DNP: di-isononyl phthalate	-		
DHP: di-n-hexyl phthalate	-		
DHP: di-cyclo-hexyl phthalate	Ok	niet gerapporteerd	
BBP: benzyl butyl phthalate	Ok	18-75 ng/m ³ (Sensing et al. 2005)	X
DEP: diethyl phthalate	Ok		X
DBP: dibutyl phthalate	Ok	200-1200 ng/m ³ (Weschler et al. 2008) 110-1000 ng/m ³ (Rudel et al. 2009)	X
DMP: Dimethylphthalate	Ok		X
DOP: Di-octylphthalate	Ok		X
DDP: di-isodecyl phthalate	-		
bis-(2-ethylhexyl) adipaat	Ok		X

Fout! Gebruik het tabblad Start om Heading 1 toe te passen op de tekst die u hier wilt weergeven. Fout! Gebruik het tabblad Start om Heading 1 toe te passen op de tekst die u hier wilt weergeven.

BIJLAGE B: GEMEENTEN VAN HET VLAAMS GEWEST VOLGENS DE VRIND CLASSIFICATIE

Gemeente	VRIND - gebiedsindeling	Meetcampagne
Aalter	Platteland	Landelijke Achtergrond
Alken	Platteland	Landelijke Achtergrond
Alveringem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Anzegem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Ardoorie	Platteland	Landelijke Achtergrond
Assenede	Platteland	Landelijke Achtergrond
Avelgem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Baarle-Hertog	Platteland	Landelijke Achtergrond
Beernem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Bekkevoort	Platteland	Landelijke Achtergrond
Bertem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Bever	Platteland	Landelijke Achtergrond
Bocholt	Platteland	Landelijke Achtergrond
Borgloon	Platteland	Landelijke Achtergrond
Boutersem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Brakel	Platteland	Landelijke Achtergrond
Brecht	Platteland	Landelijke Achtergrond
De Haan	Platteland	Landelijke Achtergrond
Dentergem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Essen	Platteland	Landelijke Achtergrond
Galmaarden	Platteland	Landelijke Achtergrond
Gavere	Platteland	Landelijke Achtergrond
Geetbets	Platteland	Landelijke Achtergrond
Gingelom	Platteland	Landelijke Achtergrond
Gistel	Platteland	Landelijke Achtergrond
Glabbeek	Platteland	Landelijke Achtergrond
Gooik	Platteland	Landelijke Achtergrond
Heers	Platteland	Landelijke Achtergrond
Herne	Platteland	Landelijke Achtergrond
Herstappe	Platteland	Landelijke Achtergrond
Herzele	Platteland	Landelijke Achtergrond
Heuvelland	Platteland	Landelijke Achtergrond
Hoegaarden	Platteland	Landelijke Achtergrond
Holsbeek	Platteland	Landelijke Achtergrond
Hooglede	Platteland	Landelijke Achtergrond
Horebeke	Platteland	Landelijke Achtergrond
Houthulst	Platteland	Landelijke Achtergrond
Huldenberg	Platteland	Landelijke Achtergrond
Ichtegem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Kaprijke	Platteland	Landelijke Achtergrond
Kinrooi	Platteland	Landelijke Achtergrond
Kluisbergen	Platteland	Landelijke Achtergrond
Knesselare	Platteland	Landelijke Achtergrond
Koekelare	Platteland	Landelijke Achtergrond

Gemeente	VRIND - gebiedsindeling	Meetcampagne
Kortemark	Platteland	Landelijke Achtergrond
Kortenaken	Platteland	Landelijke Achtergrond
Kortesseem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Kruishoutem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Laarne	Platteland	Landelijke Achtergrond
Landen	Platteland	Landelijke Achtergrond
Langemark-Poelkapelle	Platteland	Landelijke Achtergrond
Ledegem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Lendelede	Platteland	Landelijke Achtergrond
Lichtervelde	Platteland	Landelijke Achtergrond
Lierde	Platteland	Landelijke Achtergrond
Linter	Platteland	Landelijke Achtergrond
Lochristi	Platteland	Landelijke Achtergrond
Lo-reninge	Platteland	Landelijke Achtergrond
Maarkedal	Platteland	Landelijke Achtergrond
Maldegem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Meerhout	Platteland	Landelijke Achtergrond
Merchtem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Merksplas	Platteland	Landelijke Achtergrond
Mesen	Platteland	Landelijke Achtergrond
Meulebeke	Platteland	Landelijke Achtergrond
Moerbeke	Platteland	Landelijke Achtergrond
Moorslede	Platteland	Landelijke Achtergrond
Nazareth	Platteland	Landelijke Achtergrond
Nevele	Platteland	Landelijke Achtergrond
Nieuwerkerken	Platteland	Landelijke Achtergrond
Nieuwpoort	Platteland	Landelijke Achtergrond
Oosterzele	Platteland	Landelijke Achtergrond
Oostrozebeke	Platteland	Landelijke Achtergrond
Oudenburg	Platteland	Landelijke Achtergrond
Peer	Platteland	Landelijke Achtergrond
Pepingen	Platteland	Landelijke Achtergrond
Pittem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Ravels	Platteland	Landelijke Achtergrond
Riemst	Platteland	Landelijke Achtergrond
Rijkevorsel	Platteland	Landelijke Achtergrond
Ruiselede	Platteland	Landelijke Achtergrond
Sint-Gillis-Waas	Platteland	Landelijke Achtergrond
Sint-Laureins	Platteland	Landelijke Achtergrond
Sint-Lievens-Houtem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Spiere-Helkijn	Platteland	Landelijke Achtergrond
Staden	Platteland	Landelijke Achtergrond
Vleteren	Platteland	Landelijke Achtergrond
Voeren	Platteland	Landelijke Achtergrond
Waarschoot	Platteland	Landelijke Achtergrond
Wachtebeke	Platteland	Landelijke Achtergrond
Wervik	Platteland	Landelijke Achtergrond
Wingene	Platteland	Landelijke Achtergrond

Fout! Gebruik het tabblad Start om Heading 1 toe te passen op de tekst die u hier wilt weergeven. Fout! Gebruik het tabblad Start om Heading 1 toe te passen op de tekst die u hier wilt weergeven.

Gemeente	VRIND - gebiedsindeling	Meetcampagne
Wortegem-Petegem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Wuustwezel	Platteland	Landelijke Achtergrond
Zingem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Zomergem	Platteland	Landelijke Achtergrond
Zonnebeke	Platteland	Landelijke Achtergrond
Zoutleeuw	Platteland	Landelijke Achtergrond
Zuierenkerke	Platteland	Landelijke Achtergrond
Zulte	Platteland	Landelijke Achtergrond
Zwalm	Platteland	Landelijke Achtergrond
Aalst	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Antwerpen	Grootsteden	Stedelijk Centrum
Brugge	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Genk	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Gent	Grootsteden	Stedelijk Centrum
Hasselt	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Kortrijk	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Leuven	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Mechelen	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Oostende	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Roeselare	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Sint-Niklaas	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Turnhout	Centrumsteden	Stedelijk Centrum
Aarschot	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Aartselaar	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Affligem	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Arendonk	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
As	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Asse	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Balen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Beerse	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Beersel	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Begijnendijk	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Beringen	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Berlaar	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Berlare	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Beveren	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Bierbeek	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Bilzen	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Blankenberge	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Boechout	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Bonheiden	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Boom	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Boortmeerbeek	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Bornem	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Borsbeek	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Brasschaat	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Bredene	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond

Gemeente	VRIND - gebiedsindeling	Meetcampagne
Bree	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Buggenhout	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Damme	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
De Panne	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
De Pinte	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Deerlijk	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Deinze	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Denderleeuw	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Dendermonde	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Dessel	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Destelbergen	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Diepenbeek	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Diest	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Diksmuide	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Dilbeek	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Dilsen-Stokkem	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Drogenbos	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Duffel	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Edegem	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Eeklo	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Erpe-Mere	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Evergem	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Geel	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Geraardsbergen	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Grimbergen	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Grobbendonk	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Haacht	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Haaltert	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Halen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Halle	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Ham	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Hamme	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Hamont-Achel	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Harelbeke	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Hechtel-Eksel	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Heist-op-den-berg	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Hemiksem	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Herent	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Herentals	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Herenthout	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Herk-de-Stad	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Herselt	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Heusden-Zolder	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Hoeilaart	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Hoeselt	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Hoogstraten	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Houthalen-Helchteren	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Hove	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond

Fout! Gebruik het tabblad Start om Heading 1 toe te passen op de tekst die u hier wilt weergeven. Fout! Gebruik het tabblad Start om Heading 1 toe te passen op de tekst die u hier wilt weergeven.

Gemeente	VRIND - gebiedsindeling	Meetcampagne
Hulshout	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Ieper	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Ingelmunster	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Izegem	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Jabbeke	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Kalmthout	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Kampenhout	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Kapellen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Kapelle-Op-Den-Bos	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Kasterlee	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Keerbergen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Knokke-Heist	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Koksijde	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Kontich	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Kortenberg	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Kraainem	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Kruibeke	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Kuurne	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Laakdal	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Lanaken	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Lebbeke	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Lede	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Lennik	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Leopoldsborg	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Liedekerke	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Lier	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Lille	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Linkebeek	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Lint	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Lokeren	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Lommel	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Londerzeel	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Lovendegem	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Lubbeek	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Lummen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Maaseik	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Maasmechelen	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Machelen	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Malle	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Meeuwen-Gruitrode	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Meise	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Melle	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Menen	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Merelbeke	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Middelkerke	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Mol	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Mortsel	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond

Gemeente	VRIND - gebiedsindeling	Meetcampagne
Neerpelt	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Niel	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Nijlen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Ninove	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Olen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Oostkamp	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Opglabbeek	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Opwijk	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Oudenaarde	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Oud-Heverlee	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Oud-Turnhout	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Overijse	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Overpelt	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Poperinge	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Putte	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Puurs	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Ranst	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Retie	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Ronse	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Roosdaal	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Rotselaar	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Rumst	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Schelle	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Scherpenheuvel-Zichem	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Schilde	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Schoten	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Sint-Amands	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Sint-Genesius-Rode	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Sint-Katelijne-Waver	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Sint-Martens-Latem	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Sint-Pieters-Leeuw	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Sint-Truiden	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Stabroek	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Steenokkerzeel	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Stekene	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Temse	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Ternat	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Tervuren	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Tessenderlo	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Tielt	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Tielt-Winge	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Tienen	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Tongeren	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Torhout	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Tremelo	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Veurne	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Vilvoorde	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Vorselaar	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond

Fout! Gebruik het tabblad Start om Heading 1 toe te passen op de tekst die u hier wilt weergeven. Fout! Gebruik het tabblad Start om Heading 1 toe te passen op de tekst die u hier wilt weergeven.

Gemeente	VRIND - gebiedsindeling	Meetcampagne
Vosselaar	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Waasmunster	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Waregem	Structuurondersteunend kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Wellen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Wemmel	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Westerlo	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Wetteren	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Wevelgem	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Wezembeek-Oppem	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Wichelen	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Wielsbeke	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Wijnegem	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Willebroek	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Wommelgem	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond
Zandhoven	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Zaventem	Vlaams Stedelijk Gebied Rond Brussel	Stedelijke Achtergrond
Zedelgem	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Zele	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Zelzate	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Zemst	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Zoersel	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Zonhoven	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Zottegem	Provinciaal kleinstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Zutendaal	Overgangsgebied	Stedelijke Achtergrond
Zwevegem	Regionaalstedelijk gebied	Stedelijke Achtergrond
Zwijndrecht	Grootstedelijke rand	Stedelijke Achtergrond

**BIJLAGE C JAARRAPPORTEN SURVEILLANCE NAAR DE GEZONDHEIDSKWALITEIT VAN KLACHTENVRIJE
WONINGEN 2008, 2009, 2010, 2011, EN 2012**