

## Case study

# Houtrookoverlast tegengaan in woningen

Tien procent van de Nederlanders ondervindt hinder door houtrook<sup>1</sup>. Vooral in situaties waarbij de burens de houtkachel als hoofdverwarming gebruiken. Het implementeren van luchtreiniging in huis in het ventilatiesysteem achter de WTW (warmteterugwinning) is veelbelovend, maar hoe effectief is luchtreiniging tegen houtrook? VFA Solutions B.V. onderzocht in de praktijk in een losstaand ééngezinshuis wat het effect van de eigen gepatenteerde Aspra S INduct luchtreiniger op houtrookoverlast in de woning is. De uitkomst: een 80% reductie van de houtrookconcentratie in de woning. Deze reductie is behaald ondanks houtrookinfiltratie door ramen, deuren en kieren. De bewoners ervaren tevens geen houtrookoverlast meer en zijn niet meer continu verkouden.

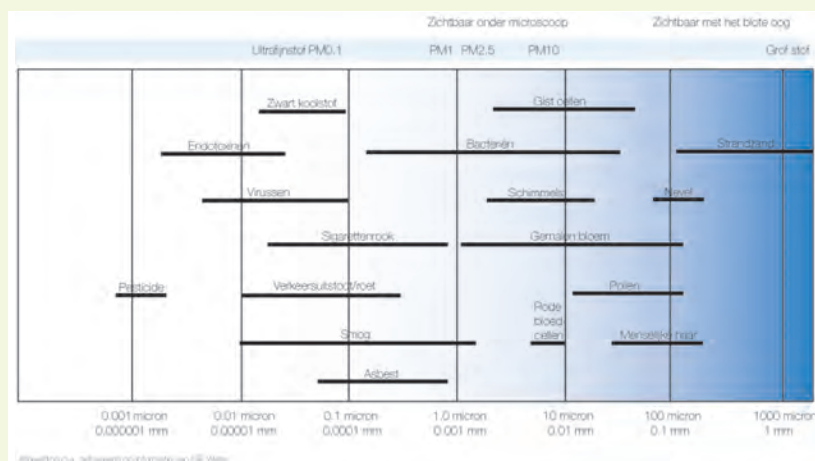
Ir. E. (Eliane) Khoury, ir. S. (Sanne) Wijsman, dr.ir. V. (Vincent) Vons

<sup>1</sup>.RIVM, Houtrook Symposium 2016

In Limburg staat een losstaand eengezinshuis waar de bewoners veel hinder ondervonden van het stookgedrag van hun burens. Veel van de omliggende woningen gebruiken de houtkachel en/of openhaard als hoofdverwarming, waarbij hoge houtrookconcentraties vrijkomen. Deze lucht werd door het ventilatiesysteem van de woning en door het openen van ramen en deuren naar binnen gebracht. Dit zorgde ervoor dat de bewoners constant een verbrandingslucht in de woning roken. De houtrook veroorzaakte veel geuroverlast en werd aangezien als de oorzaak van de recente gezondheidsproblemen van de kinderen in het huis. De kinderen waren regelmatig ziek, minder actief dan voorheen en hadden frequent last van een verstopte neus. Niet alleen stond het betreffende huis in een gebied waar veel gestookt werd, in de omgeving was ook een drukke snelweg aanwezig (de A2). De huiseigenaar was dan ook op zoek naar

### ■ WAT IS FIJNSTOF?

Fijnstof, ook bekend als PM (particulate matter), is een combinatie van zeer kleine deeltjes die zich in de lucht bevinden. De grootte van de deeltjes houden direct verband met de gezondheidsrisico's die ze kunnen veroorzaken. Hoe kleiner het deeltje, hoe gevaarlijker voor de gezondheid. Fijnstof wordt in verschillende groepen ingedeeld, zie figuur 1.



-Figuur 1- Fijnstof deeltjesgrootte

## ■ GEZONDHEIDSRISICO'S FIJNSTOF

Fijnstof bestaat uit allerlei verschillende deeltjes. Sommige deeltjes zijn ongevaarlijk voor de gezondheid, maar andere deeltjes zijn schadelijk voor de gezondheid. Hoe gevaarlijk een deeltje voor de gezondheid is, is afhankelijk van de samenstelling en de grootte van het deeltje. Hoe kleiner het deeltje is, hoe dieper het in het lichaam terecht kan komen. Ultrafijnstof is zo klein dat het gemakkelijk door de longblaasjes heen gaat, in het bloed terecht komt en vervolgens door het gehele lichaam getransporteerd wordt. Ultrafijnstof bestaat daarnaast uit deeltjes die over het algemeen schade aan de gezondheid kunnen toebrengen.

De gezondheidsschade die men oploopt naar aanleiding van fijnstofblootstelling is, afhankelijk van de samenstelling, de concentratie waaraan men wordt blootgesteld en de blootstellingsduur. Tevens reageert elk lichaam anders op fijnstof. Desalniettemin is uit onderzoek gebleken dat fijnstof verschillende gezondheidsrisico's kan veroorzaken.

Onderzoekers geven aan dat blootstelling aan fijnstof, in welke concentratie dan ook, schadelijk is voor de gezondheid<sup>2</sup>. Tevens blijkt uit onderzoek dat fijnstof gerelateerde sterfte te halveren is door in de schoonste gebieden (zoals Europa) de (binnen)luchtvervuiling met 25% te reduceren<sup>3</sup>. Het is dan ook belangrijk om de fijnstofinname zo veel mogelijk te verminderen.

Aangetoonde gezondheidsrisico's zijn weergegeven in figuur 2.

2. Cai Y et al, Associations of Short-Term and Long-Term Exposure to Ambient Air Pollutants With Hypertension: A systematic Review and Meta-Analysis, *Hypertension: Journal of the American Heart Association*. 2016
3. J.S. Apte et al, Addressing Global Mortality from Ambient PM2.5, *Environm. Science & Technol.* 2015, 49, 8075-8066

### Effect van fijnstof op gezondheid

#### Gehele lichaam

- Verkorte levensduur (1)

#### Hersenen

- Alzheimer (2)  
- Vertraging in cognitieve ontwikkeling van kinderen (3)  
- Kleinere hersenvolumes (4)

#### Hart

- Hart- en vaatziekten (5)  
- Onregelmatige hartslag (6)  
- Hartaanval (7)  
- Vroegtijdig overlijden hartpatiënten (8)  
- Verhoogde bloeddruk (9)

#### Longen

- Longkanker (10)  
- Verergering van astmatische (11)  
- Luchtwege irritaties, hoesten, moeilijk kunnen ademen (12)  
- Verminderde longfunctie (13)  
- Verminderde longontwikkeling bij kinderen (14)

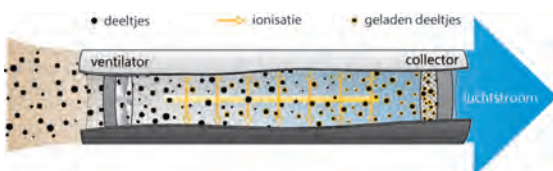
#### Zwangere

- Miskraamt (15)  
- Vroeggeboorte (16)  
- Lager geboortegewicht (17)  
- Astma bij ongeboren kind (18)  
- Verminderde vruchtbaarheid (19)

#### Huid

- Huidveroudering (20)

-Figuur 2- Effect van fijnstof op de gezondheid



-Figuur 7- Werkingsprincipe technologie onderzochte luchtreiniger

een oplossing die zowel de houtrook (geur en deeltjes), als de verkeersdeeltjes afkomstig van de snelweg uit de lucht verwijdt.

## ■ WERKING LUCHTREINIGER

### Waar is deze technologie effectief tegen?

Verontreinigingen die de luchtkwaliteit beïnvloeden en die uit de lucht worden gereinigt door de onderzochte luchtreiniger zijn:

- stof;
- fijnstof (PM10, PM2.5, PM1);
- ultrafijnstof (PM0.1, submicron- en nano-deeltjes);
- microbiologische verontreiniging (virussen, bacteriën, schimmel, sporen en pollen);
- VOC's (vluchtige organische stoffen) en geuren (door het toevoegen van een Actief Koolstoffilter).

### Hoe werkt deze technologie?

De luchtreiniger is een elektrostatisch filtratiesysteem, waarbij de deeltjes door een gecontroleerd ionisatieproces elektrisch geladen worden. De deeltjes worden vervolgens naar een speciaal open structuur statisch oppervlak geleid: de collector (het deeltjesfilter). Hier worden alle deeltjes in opgevangen, waarna schone en gereinigde lucht de luchtreiniger uitstroomt.

Deze techniek laadt deeltjes in het apparaat op, waardoor het mogelijk is om een open structuur filter (een collector) te gebruiken in plaats van een conventioneel dicht filter. De open structuur van het filter/de collector genereert 40-80% minder drukval (luchtweerstand) dan conventionele G, F en HEPA-filters. Hierdoor is het ook eenvoudig toe te passen in bestaande ventilatiesystemen, zonder dat de ventilatiecapaciteit gereduceerd wordt. Door de open structuur van het filter (de collector), wordt het systeem niet verstopt, is de lucht-hoeveelheid van de toevoer lucht constant en wordt het niet beïnvloed door filterverzadiging zoals het geval is met conventionele filters. Vergeleken met een conventioneel filter wordt

significant minder energie gebruikt voor het verplaatsen van de lucht door de collector heen, terwijl een zeer hoge efficiëntie wordt behaald. Het vervangen van de verzadigde collector is zeer gemakkelijk en kan door iedereen veilig worden uitgevoerd.

De producten van deze serie luchtreinigers zijn getest door verschillende onafhankelijke instituten zoals TNO en ECN. Deze testen tonen aan dat deze technologie zeer effectief ultrafijne- en nano-deeltjes deeltjes tussen 0.3 en 10 micron uit de lucht verwijdt.

## ■ LUCHTREINIGER INSTALLEREN

### Huidige installatie

In de woning is een ventilatiesysteem met geïntegreerde warmteterugwinning geïnstalleerd (WTW systeem: J.E. Stork-Air WHR-950 WTW). Het ventilatiesysteem zuigt lucht af in de natte ruimtes (keuken, toilet en badkamer) en voert lucht toe in de leefgedeelten. Hierbij wordt de ingaande lucht verwarmd met de warmte van de uitgaande lucht. Het systeem staat tijdens de metingen ingeregeld op 38% van de maximale capaciteit, wat overeenkomt met een luchttoevoer van 230 m³/h en is op de zolder geïnstalleerd.

Het ventilatiesysteem beschikt over een standaard G3-filter, wat enkel de grote deeltjes uit de lucht verwijdt en geen bescherming biedt tegen geuren, fijnstof en ultrafijnstof. Hierdoor kunnen geuren en andere luchtverontreinigingen gemakkelijk het woongedeelte bereiken en hier discomfort en zelfs gezondheidsproblemen veroorzaken.

De huiseigenaar was zelf goed op de hoogte van de gezondheidsrisico's van fijnstof en ultrafijnstof, wat in hoge concentraties in houtrook terug te vinden is. Voordat de luchtreiniger geïnstalleerd werd, had de eigenaar al een extra F5-filtersectie in het luchttoevoerkanaal geïnstalleerd. Ondanks deze toepassing, bleven de klachten aanwezig en beide filtersecties werden snel en frequent vuil en zwart. Dit zorgde ervoor dat de eigenaar op zoek ging naar aanvullende luchtreiniging en bij de onderzochte luchtreiniger als eindfiltratie uitkwam, om zo optimale filtratiecondities te garanderen.

### Installatie van de luchtreiniger

De luchtreiniger is als aanvullende maatregel achter het WTW-systeem in het toevoer kanaal van de woning geïnstalleerd. De lucht wordt van buiten aangezogen, gaat door het F5-filter, door de WTW en wordt vervolgens door de luchtreiniger geleid en door de woning verspreid.

De installatie is zeer gemakkelijk uit te voeren. Plaats de luchtreiniger tussen het kanaal dat lucht naar de woning toevoert door een deel

van het kanaalwerk te verwijderen en de luchtreiniger hiertussen te installeren.

## VALIDATIE WERKING

Om de werking en luchtkwaliteitsverbetering te valideren na de installatie van de luchtreiniger, is het noodzakelijk om metingen uit te voeren. Luchtkwaliteitssamples zijn dan ook zowel binnen als buiten het huis genomen, om het effect van de luchtreiniger te meten. Er zijn verschillende samples afgenomen tijdens enkelpuntsmetingen en continue metingen:

- toevoerlucht (de lucht die wordt toegevoerd naar de woonruimtes);
- lucht op zolder;
- lucht in het woongedeelte van de woning;
- buitenlucht op begane grondniveau.

### Enkelpuntsmetingen

Op twee dagen (de dag van de installatie en twee maanden later) zijn enkelpuntsmetingen (momentopname-metingen) uitgevoerd. Om de deeltjesconcentratie in de deeltjesgrootte tussen 0.02  $\mu\text{m}$  en 1  $\mu\text{m}$  te meten (ultrafijnstof en nano-deeltjes), is een PTRAK Ultrafijn deeltjesteller (UPC) gebruikt. Voor de deeltjes met een grootte vanaf 0.265  $\mu\text{m}$ , is de GRIMM 1.109 stofmeter gebruikt. De luchtkwaliteit werd tijdens de enkelpuntsmetingen van de nano-deeltjes met de PTRAK, in vier situaties in huis gemeten: met en zonder het F5-filter op de toevoerlucht, en terwijl de luchtreiniger aan- en uitstond. Tijdens het meten van de grotere deeltjes met de GRIMM-meter, zijn de metingen uitgevoerd onder twee condities: de luchtreiniger stond aan of uit, terwijl het F5-filter altijd in de inlaatlucht geïnstalleerd was.

### Continue metingen

Ter aanvulling op de enkelpuntsmetingen, is het luchtgedragen fijnstof, gedurende ongeveer 1 week na de installatie van de luchtreiniger, door drie luchtkwaliteitsmeters (Dylos meters) continu gemeten. De Dylos-meters meten deeltjes groter dan 0.5  $\mu\text{m}$ , die verkeersuitstoot- en stofdeeltjes kunnen omvatten. Deze deeltjes kunnen, afhankelijk van de individuele gevoeligheid tot deze deeltjes, discomfort en verschillende gezondheids-symptomen veroorzaken.

## RESULTATEN

### Enkelpuntsmetingen

De metingen laten hoge deeltjesconcentraties zien buiten het huis en op de begane grond (figuren 4 en 5, zie *buiten*). De deeltjesconcentratie in de ongefilterde toevoerlucht (zie *luchtreiniger uit*), overstijgt in geringe mate de buitenluchtconcentratie. De hogere concentratie in de ongefilterde toevoerlucht kan ver-



-Figuur 3- Installatie van de onderzochte luchtreiniger

1. Lucht van buiten

2. Warmteterugwinning

3. De onderzochte luchtreiniger, lucht richting het leefgedeelte



## TERMINOLOGIE

In dit artikel worden verschillende termen gebruikt:

- toevoerlucht: lucht die wordt toegevoerd naar de woonruimtes (inclusief slaapkamers etc.). Er zijn samples van de toevoerlucht genomen bij de uitlaat kant van de luchtreiniger. Tijdens het verzamelen van deze specifieke samples, is de luchtreiniger aan- en uitgeschakeld om het effect van de aan- en afwezigheid van de luchtreiniger te meten;
- ongefilterde lucht: lucht die de woning binnenkomt en niet gefilterd is doordat de luchtreiniger uitstaat, niet geïnstalleerd is of omdat de collectoren verwijderd zijn;
- buitenlucht: de buitenlucht;
- woongedeelte: alle vertrekken in de woning die toevoerlucht van het ventilatiesysteem ontvangen. Dit is inclusief de woonkamer, keuken, slaapkamers en overlopen.

klaard worden door het feit dat de vervuiling voornamelijk afkomstig is van schoorstenen; deze stoten de houtrook uit ter hoogte van het luchtinlaatpunt op de zolder, terwijl de buitenconcentratie op grondniveau gemeten is.

**Metingen demonstreren dat een groot gedeelte van de deeltjes het woongedeelte in de woning binnendringen via de ongefilterde inlaatlucht (zie *luchtreiniger uit*).** Het laat tevens zien dat de oorsprong van de hoge deeltjesaantallen de vervuilde buitenlucht is (zie *buitenlucht*).

Wanneer de luchtreiniger ingeschakeld wordt (met geïnstalleerde collectoren), wordt een significant lagere concentratie waargenomen. Het toevoegen van een extra F5-filter (zie *luchtreiniger aan* en *luchtreiniger aan + F5*) geeft een nog iets lagere deeltjesconcentratie.

**Het gebruik van de luchtreiniger, reduceerde de deeltjesconcentratie in de toevoerlucht met 95%.** Deze significante reductie leidt tot een veel gezonder en schoner binnenmilieu. De luchtreiniger heeft een standaard filtratie-efficiëntie van 99%. De resultaten tonen aan dat de single-pass efficiëntie van

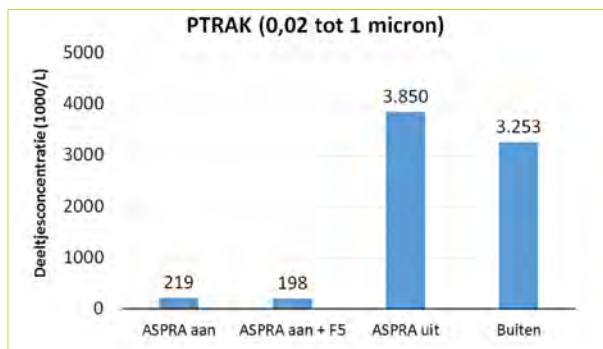
de luchtreiniger in deze installatie 95% is. Er wordt aangenomen dat dit het resultaat is van de combinatie van ongunstige kanaalafmeting en bochten in de installatie.

De resultaten waarbij de luchtreiniger uitstaat, zoals gepresenteerd in figuur 4, representeren de ultrafijnstof deeltjesconcentratie in de situaties waarbij het F5-filter wel en niet aanwezig is. Het concentratieverschil tussen de resultaten van de meting met de luchtreiniger uit en het F5-filter aanwezig en de luchtreiniger uit en het F5-filter niet aanwezig, is zeer gering (ongeveer 20 deeltjes). **Dit geeft aan dat het F5-filter een zeer gering tot geen effect heeft op ultrafijnstof- en nano-deeltjes.**

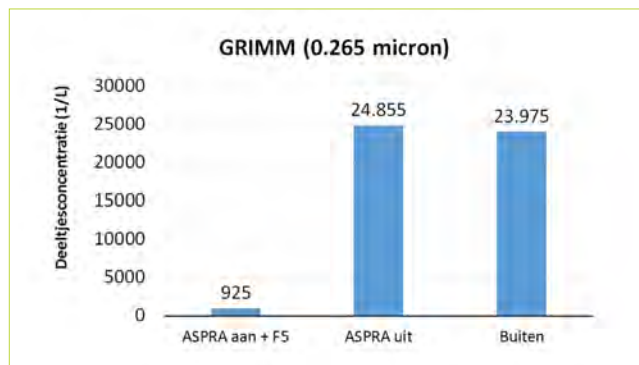
De resultaten tonen aan dat, wanneer de luchtreiniger aanstaat (met en zonder extra F5-filter), de luchtreiniger bewezen effectief is tegen ultrafijnstof- en nano-deeltjes.

De resultaten in figuur 5 geven de deeltjesconcentratie weer van deeltjes met een grootte van 0.265  $\mu\text{m}$ , waarbij de luchtreiniger aan- en uitstaat. Het F5-filter was hierbij in beide situaties geïnstalleerd.

Gebaseerd op deze resultaten kan geconclu-



-Figuur 4- Deeltjesconcentratie PTRAK (0,02-1  $\mu\text{m}$  deeltjes) gemeten in de buitenlucht rondom het huis op begane grondniveau en in de toevoerlucht van het woongedeelte. De operationele status van de onderzochte luchtreiniger staat aangegeven.



-Figuur 5- Deeltjesconcentratie GRIMM (0,265  $\mu\text{m}$  deeltjes) gemeten in de buitenlucht rondom het huis op begane grondniveau en in de toevoerlucht van het woongedeelte. De operationele status van de onderzochte luchtreiniger staat aangegeven.

deerd worden dat het F5-filter ineffectief blijkt voor de filtratie van deze deeltjesgrootte. De luchtreiniger is echter zeer effectief voor deze luchtverontreinigende deeltjes.

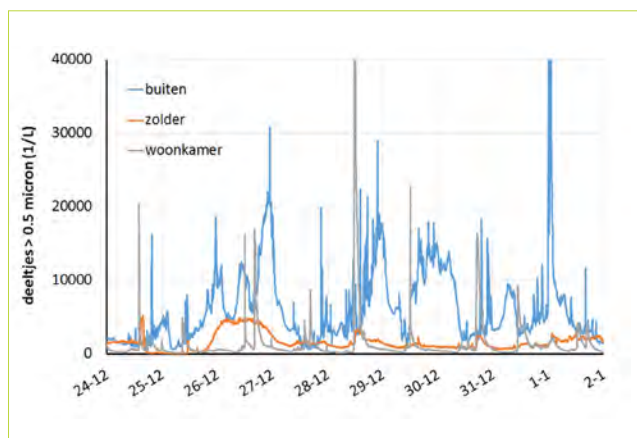
### Continue metingen

Figuur 6 geeft de profielen van de deeltjesconcentratie weer van drie meetlocaties na installatie van de luchtreiniger in de woning. De deeltjesconcentratie in het woongedeelte was gedurende 1 maand altijd lager dan de deeltjesconcentratie die gemeten is op zolder of in de buitenlucht rondom de woning op begane grondniveau.

Zoals figuur 6 weergeeft, is de concentratie in zowel de zolder als het woongedeelte significant lager dan de buitenluchtconcentratie. Zelfs bij zeer significante pieken in de deeltjesconcentratie buiten, is er meestal geen corresponderende piek binnen te zien. Er is dus bijna geen correlatie tussen pieken binnen en pieken buiten. Op basis van eerder uitgevoerde onderzoeken, was de verwachting een sterkere correlatie te zien tussen de buitenluchtconcentratie en de binnenluchtconcentratie. Na een sterke of continue piek in de deeltjesconcentratie van de buitenlucht, werd dan een lange piek waargenomen in de deeltjesconcentratie van de binnenlucht. In dit onderzoek is deze correlatie echter niet naar voren gekomen, wat de sterk filterende werking van de luchtreiniger aantoont.

In het woongedeelte (de groene lijn) zijn wel pieken zichtbaar, er is dan echter meestal geen duidelijk corresponderende piek buiten zichtbaar. Gegeven het feit dat de pieken meestal zichtbaar zijn rond een uur of vijf 's middags en het feit dat er sprake is van een open keuken grenzend aan het woongedeelte, zijn deze pieken toe te schrijven aan kookactiviteiten. Toch blijft duidelijk dat de concentratie in het woongedeelte aanzienlijk lager is dan de buitenlucht.

De concentratie op zolder lijkt verhoogd van



-Figuur 6- Deeltjesconcentratie (deeltjes >0,5  $\mu\text{m}$ , in deeltjes/L) gemeten op drie locaties: buiten het huis op begane grondniveau, op zolder en in het woongedeelte. De onderzochte luchtreiniger heeft, gedurende deze metingen, continu aangestaan.

25-27 december. De bewoners hebben aangegeven in deze periode het raam op de zolder te hebben geopend. Dit houdt in dat ongefilterde buitenlucht de ruimte is binnengedrongen, waardoor de deeltjesconcentratie in vergelijking tot de overige dagen en het woongedeelte, waar alleen gefilterde lucht aanwezig was, sterk verhoogde. Ten slotte is op 1 januari om 0:00 een enorme piek van het afsteken van vuurwerk te zien in de buitenlucht, ook deze wordt door de luchtreiniger buiten gehouden. Hiermee wordt bewezen dat deze luchtreiniger in staat is een sterk dempend effect op de deeltjesconcentratie te realiseren, zelfs tijdens extreem hoge deeltjesconcentratiepieken.

Tijdgemiddelde concentraties van de data in figuur 6 laten de volgende resultaten zien:

- buitenlucht: 5920 deeltjes/L;
- zolder: 1540 deeltjes/L;
- woongedeelte: 1170 deeltjes/L.

**Vergeleken met de gemiddelde buitenluchtconcentratie op zolder niveau (luchtinlaat zonder luchtreiniger), reduceerde deze luchtreiniger de gemiddelde deeltjesconcentratie in het woongedeelte met 80% ten opzichte van buiten.** Dit ondanks houtrookinfiltratie via ramen, deuren en kieren, alsook deeltjesbronnen binnen (koken). Het is dus mogelijk om in een praktijksituatie een sig-

nificante reductie van de deeltjesconcentratie in huis te bewerkstelligen. Deze reductie zou nog hoger zijn als er geen sprake zou zijn van deeltjesbronnen binnen in het huis (koken).

### De ervaringen van de bewoners

De bewoners van de woning hebben aangegeven een sterke verbetering in luchtkwaliteit te ervaren. Na het installeren van de luchtreiniger, is de overlast van een constante verbrandingslucht in de woning, afkomstig van de houtrook in de buitenlucht, volledig verdwenen. Daarnaast hebben de kinderen een sterke verbetering in gezondheid laten zien. Ze zijn minder vaak ziek, zijn actiever en hebben niet meer constant een verstopte neus. Een van de meest interessante resultaten is echter het feit dat de bewoners rapporteren geen geuroverlast meer te ervaren in huis. Dit, terwijl er geen specifieke maatregelen genomen zijn tegen geuroverlast (er is bijvoorbeeld geen actief koolstoffilter gebruikt); enkel de deeltjes worden uit de inkomende lucht gefilterd. Deze test toont aan dat het verwijderen van de deeltjes voldoende is om de geuroverlast sterk te verminderen. Deeltjes vormen een transportmiddel voor geuren, de deeltjes transporteren de geurcomponenten naar de neus. Het verwijderen van de deeltjes neemt hierdoor de geur weg.

## CONCLUSIES

Op basis van de meetresultaten en de ervaringen van de bewoners, zijn verschillende conclusies te trekken over de effectiviteit en installatie van de onderzochte luchtreiniger.

- deze luchtreiniger realiseert, ondanks de infiltratie van houtrookdeeltjes door ramen, deuren en kieren, een reductie van 80% in de deeltjesconcentratie in het woongedeelte;
- comfort en gezondheid zijn verbeterd door de aanwezigheid van schonere binnenlucht;
- deze luchtreiniger heeft een minimale efficiëntie van 95% aangetoond (zelfs bij ongunstige installatie);
- de werking van de luchtreiniger is bevestigd door metingen;
- het verwijderen van de houtrookdeeltjes met deze technologie lost tevens de houtrookgeurproblematiek op. Het gebruik van een Actief Koolstoffilter is niet altijd noodzakelijk;
- deze luchtreiniger is gemakkelijk te implementeren in bestaande ventilatiesystemen.

## LITERATUUR

1. P.H. Fischer et al, Air Pollution and Mortality in Seven Million Adults: The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS), Environm. Health Perspect. 123 (2015)
2. U. Ranft, T. Schilkowski, D. Sugiri et al, Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly, Environm. Research 109 (2009)
3. J. Sunyer et al, Association between Traffic-Related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study, Plos Medicine (2015)
4. E.H. Wildker et al, Long-Term Exposure to Fine Particulate Matter, Residential Proximity to Major Roads and Measures of Brain Structure, American Heart Association Inc, (2015)
5. European Environment Agency, Health impacts of air pollution (2016), <http://www.eea.europa.eu/signals/signals-2013/infographics/health-impacts-of-air-pollution/view> \l "tab-based-on-data
6. European Protection Agency, Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM) (2016), <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>
7. Y.Cai et al, Associations of Short-Term and Long-Term Exposure to Ambient Air Pollutants With Hypertension, American Heart Association Inc., 68 (2016) p. 62-70
8. C. Arden Pope III et al, Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution, JAMA 287 (2002) p. 1132-1141
9. M. Pedersen, Is it still important to study if ambient air pollution triggers stillbirth?, Occup. Environ. Med. (2016)
10. E. DeFanco et al, Exposure to airborne particulate matter during pregnancy is associated with preterm birth: a population-based cohort study, Environm. Health (2016)
11. D.Q. Rich et al, Differences in Birth Weight Associated with the 2008 Beijing Olympics Air Pollution Reduction: Results from a Natural Experiment, Environm. Health Perspect. 123 (2015) p. 880-887
12. H.-H.L. Hsu et al, Prenatal Particulate Air Pollution and Asthma Onset in Urban Children. Identifying Sensitive Windows and Sex Differences, ATS Journals 192 (2015) p. 1052-1059
13. S. Mahalingaiah et al, Adult air pollution exposure and risk of infertility in the Nurses' Health Study II, Human Reproduction 31 (2016) p.638-647
14. A. Vierkötter et al, Airborne Particle Exposure and Extrinsic Skin Aging, Journal of Investigative Dermatology 130 (2010) p.2719-2726

**Duurzaam  
koelen**



**Duurzaam  
verwarmen**



**Duurzaam  
elektriciteit opwekken**



## Bespaar energie, CO<sub>2</sub> én kosten met Gasengineering!

Koelen, verwarmen, elektriciteit opwekken en tegelijkertijd energie en CO<sub>2</sub> besparen. Met de producten van Gasengineering kan het! Wij benutten primaire energiebronnen optimaal en streven zo naar een schonere en gezondere samenleving. Wij zetten aardgas lokaal om in warmte en/of koude en bereiken daarmee een veel hoger rendement en lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot dan elektrische warmtepompen.

**Wij besparen energie, CO<sub>2</sub> én kosten voor onze klanten!**



**Meer informatie over CO<sub>2</sub>- en energiebesparing? Of advies over duurzame systemen op gas?**

**Neemt u dan vrijblijvend contact met ons op!**

## **GASENGINEERING**

**Bel 0348 413 485  
[www.gasengineering.nl](http://www.gasengineering.nl)**