

Leeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
Postbus 6012
2600 JA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 22 00

TNO-rapport

TNO 2019 R11882

Gezond gasloos voor professionals

Datum	9 december 2019
Auteur(s)	ir. P. Jacobs ir. W.A. Borsboom
Aantal pagina's	17
Aantal bijlagen	--
Opdrachtgever	Deze rapportage is opgesteld in opdracht van RVO.nl voor de Topsector Energie op verzoek van TKI Urban Energy
Projectnaam	Onderzoek kennisontsluiting gezond gasloos voor professionals
Projectnummer	060.36817

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2019 TNO

Samenvatting

Bij het uitvoeren en het ontwikkelen van nieuw beleid wordt tegen het volgende probleem aangelopen: Gezonde binnenlucht kan de energietransitie maken of breken. Nederlanders verblijven veel langer in gebouwen dan erbuiten. Binnenlucht kan leiden tot gezondheidseffecten, door onder andere fijnstof en schimmel. Metingen tonen aan dat binnenlucht in gebouwen ongezonder is dan buiten. Met toenemende isolatie neemt ook het belang van goede ventilatie toe. Wonen in een “potdicht” huis met mufte lucht is geen aantrekkelijke propositie. Discussie daarover heeft inmiddels niet alleen in wetenschappelijke kring maar ook daarbuiten plaats. En het kan ook anders: door energierenovatie te combineren met goede ventilatie kan de luchtkwaliteit juist beter worden dan voor de renovatie. Dat gaat echter niet vanzelf.

In opdracht van RVO.nl voor de Topsector Energie op verzoek van TKI Urban Energy heeft TNO daarom informatie verzameld over effectieve maatregelen om een goed binnenmilieu in luchtdichte en goed geïsoleerde aardgasloze woningen te verkrijgen. Dit kennisdossier is gericht op aanbiedende partijen in de bouwsector.

In het project zijn de volgende zaken gerealiseerd conform de aanbieding “Onderzoek kennisontsluiting gezond gasloos voor professionals”:

Stap 1: Startoverleg met RVO en TKI Urban Energy op 14 december 2018.

Stap 2: Het opstellen van een overzicht van maatregelen voor het bereiken van een goede kwaliteit van de binnenlucht, waaronder maatregelen om de blootstelling aan fijnstof in zeer energiezuinige en luchtdichte woningen met een factor 10 terug te dringen.

Stap 3: Welke maatregelen voor reductie fijnstof zijn nu noodzakelijk en welke innovaties zijn gewenst voor een aantrekkelijke gemakkelijke gezonde gasloze woning? Hoe tonen we de noodzaak van deze maatregelen aan en vervolgens ook het effect daarvan? Hoe voorkomen we dat nieuwe technologieën worden gediskwalificeerd door verkeerde perceptie?

Stap 4: Terugkoppeling met de markt.

Het hiervoor genoemde kennisdossier is opgesteld aan de hand van stap 2 ‘maatregelen pakket’ en stap 3 ‘maatregelen voor gezonde gasloze woning’. De laatste deliverable (stap 4) heeft geresulteerd in het opstellen van een actieplan kookafzuiging. Kookafzuiging is namelijk cruciaal voor een gezonde gasloze woning. Bewoners zijn vaak door bouwkundige randvoorwaarden niet in staat om deze achteraf aan te brengen, bijvoorbeeld in gestapelde bouw. Daarom is het van belang dat al tijdens renovatie, onderhoud en nieuwbouw een effectieve kookafzuiging wordt meegenomen.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	4
2	Overzicht van maatregelen voor goede kwaliteit binnenlucht	5
2.1	Binnenluchtkwaliteit en de relevante verontreinigingen	5
2.2	De rol van ventilatie	6
2.3	Overzicht van maatregelen.....	7
3	Welke maatregelen en innovaties zijn noodzakelijk?	11
3.1	Maatregelen.....	11
3.2	Gewenste innovaties, aantonen noodzaak en effect.....	12
3.3	Voorkomen dat nieuwe technologieën worden gediskwalificeerd door verkeerde perceptie	13
3.4	Mogelijke vervolgacties per knelpunt.....	13
4	Terugkoppeling met de markt	14
5	Literatuurlijst	15
6	Ondertekening	17

1 Inleiding

Gezonde binnenlucht kan de energietransitie maken of breken. De meeste mensen verblijven veel langer binnen dan buiten. Uit metingen blijkt dat binnenlucht in woningen door binnenbronnen meer vervuild en dus minder gezond kan zijn dan buitenlucht. Bij toenemende isolatie en luchtdichtheid is een goede en effectieve ventilatie een noodzaak. Wonen in een "luchtdicht" gebouw met muffe lucht is geen aantrekkelijke propositie.

In wetenschappelijke kring loopt de discussie over gezondheid en energiebesparing al langer, en inmiddels heeft deze ook steeds meer daarbuiten plaats.. Het combineren van energiebesparing met goede en effectieve ventilatie kan de luchtkwaliteit verbeteren. Dit vraagt echter wel bijzondere aandacht bij het ontwerp van een gebouw.

Verschillende studies tonen een verslechtering van de binnenluchtkwaliteit na renovatie en energiebesparende maatregelen. Bijv. in een pre- en post-evaluatie van de binnenluchtkwaliteit in coöperatieve sociale woningbouw (Broderick, 2017), zijn de concentraties van CO₂, TVOC en PM_{2.5} na de retrofit aanzienlijk gestegen in vergelijking met de post-retrofit. Verhogingen van de concentraties van verontreinigende stoffen waren gecorreleerd met hogere luchtdichtheid van de gebouwen na aanpassing, hoewel er een positief effect was op het comfort van de gebruiker en de temperatuur van het gebouw. In Europa en verschillende landen is er veel beleid voor energiebesparing in huizen, en veel minder op het gebied van gezondheid en binnenlucht.

De grote vraag is: "Welke maatregelen ter vermindering van de blootstelling zijn redelijkerwijs mogelijk en welke reductie is bereikbaar, en hoe kunnen we dit stimuleren?"

2 Overzicht van maatregelen voor goede kwaliteit binnenlucht

2.1 Binnenluchtkwaliteit en de relevante verontreinigingen

Ventilatie is niet de enige factor die een gezond binnenklimaat bepaald. Emissies van verontreinigende stoffen, absorptie- en desorptieprocessen op bouwmaterialen en meubels en transport binnen gebouwen hebben vergelijkbare effecten. Naast binnenbronnen spelen ook buitenbronnen een belangrijke rol. Blootstelling in huizen aan luchtverontreinigende stoffen dragen in 60 tot 95% bij aan onze totale levenslange blootstelling en kunnen risico's voor acute gezondheidsproblemen en chronische ziekten veroorzaken en kunnen het risico op vroegtijdig overlijden vergroten. (Borsboom, 2016).

De belangrijkste verontreinigende stoffen komen van buiten, met inbegrip van bijvoorbeeld verbranding, verkeer en landbouw. Voorbeelden van verontreinigende stoffen zijn deeltjes, ultrafijn stof, roet, pollen, Radon, NOx en andere verbrandingsproducten.

De belangrijkste bronnen van verontreinigende stoffen binnenshuis, zijn mensen (bijv. Bio-effluenten) en hun activiteiten in verband met hygiëne (bijv. Aerosol vanwege deodorantspray), huisreiniging (bijv. gebruik van gechloreerde en andere schoonmaakproducten), voedselbereiding (bijv. kookemissies), bouwmaterialen, inclusief meubel- en decoratiematerialen (bijv. formaldehyde-emissies van meubels); roken van tabak en verbrandingsprocessen die zich binnenshuis voordoen, evenals huisdieren (bijvoorbeeld allergenen) (Borsboom, 2016). Huidige ventilatieoplossingen voor woningen zijn niet ontworpen als oplossing voor al deze verontreinigingen. Een huidig ontwerp is vooral gebaseerd op het afvoeren van CO₂ geproduceerd door mensen in gebouwen en zo onderhouden van een bepaald hygiëneniveau.

In dit dossier zullen we ons concentreren op fijnstof omdat dit het grootste gezondheidseffect heeft (Logue, 2011).

PM_{2.5} in huizen vindt zijn oorsprong in bijvoorbeeld geen of onjuiste ventilatie tijdens verbrandingsprocessen en koken, gebruik van aerosolproducten en buitenbronnen, en re-suspensie van deeltjes. In de Verenigde Staten heeft Chan (2017) 18 appartementen gemeten gedurende 14 dagen. De gemiddelde binnenconcentratie van PM_{2.5} was 18,6 µg/m³. Grote verschillen tussen de woningen zijn waargenomen met betrekking tot de gemiddelde concentraties. Bij dezelfde buitenconcentratie (ongeveer 21 µg/m³) varieerde de binnenconcentratie van 8,2 tot 64,1 µg/m³. In de woningen werden in totaal 836 deeltjespieken waargenomen. Met behulp van een door hen ontwikkeld algoritme werd een gemiddelde PM_{2.5}-deeltjesemissie van 30 mg per piek bepaald. Dit algoritme werd ook gebruikt om de bijdrage van fijnstof afkomstig van binnenbronnen te berekenen. Dit varieerde van 15 tot 85%. Dit betekent dat 85% van de PM_{2.5} binnenshuis werd gegenereerd in een aantal huizen.

De PM_{2.5}-fractie fijnstof in het binnenmilieu van Nederlandse huizen is tot nu toe in beperkte mate onderzocht. In een verkennend onderzoek in 9 huizen heeft Jacobs (2016) gedurende een week gemeten met optische deeltjestellers. Uit deze metingen bleek dat een groot deel van het fijne stof verband houdt met kookactiviteiten. De deelnemers aan het onderzoek kregen de opdracht om tijdens het koken foto's van de kookplaat te maken met hun smartphone. Dit maakte het mogelijk om verhoogde fijnstofconcentraties, "fijnstofpieken" te koppelen aan

koken. Bovendien waren ook andere niet-kook gerelateerde onbekende pieken zichtbaar. Aan het einde van de metingen werd de oorsprong van bijna alle pieken bepaald in overleg met de deelnemers. De maximale concentraties met betrekking tot de verschillende bronnen zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: maximale concentraties PM_{2.5} fijnstof in 9 Nederlandse huizen (Jacobs, 2017a)

Emmissiebronnen	Concentratie (µg/m ³)
Koken	2000
Haarspray	140
Deodorantspray	350
Vuurwerk buiten	75
Kaarsen	40
Spelende kinderen	35
Terugslag van open haard	35
Vuurkorf in de tuin	50

2.2 De rol van ventilatie

Ventilatie in gebouwen is in de eerste plaats gericht op het toevoeren van frisse lucht om zo lichaamsgeuren en verontreinigingen geproduceerd door bewoners te verdunnen. Koolstofdioxide wordt vaak gebruikt als marker voor ventilatie. Koolstofdioxide wordt door mensen geproduceerd door uitademing. Een concentratieniveau van ongeveer 1200 ppm leidt tot een geurniveau dat voor veel mensen acceptabel is. Koolstofdioxide is geen verontreiniging die op normale niveaus als schadelijk kan worden beschouwd. Bij hogere concentraties laten verschillende onderzoeken negatieve effecten zien op het concentratievermogen en op de productiviteit van mensen.

Verdunning is geen effectieve ventilatiestrategie om de blootstelling van bewoners voor de meeste andere verontreinigingen te verminderen.

De eerste maatregelstap bij het beheersen van de binnenluchtkwaliteit is het voorkomen van de uitstoot van verontreinigende stoffen in de lucht. Bijvoorbeeld door geen kaarsen te branden, niet te koken op gas, niet te roken en het minimaliseren van emissies van bouwmaterialen en meubels.

De tweede maatregelstap is het verminderen van de onvermijdelijke schadelijke emissies door broncontrole. Voor binnenbronnen als kookdampen is een afzuigkap de meest effectieve manier om de blootstelling te minimaliseren. Een andere optie is om verspreiding van verontreinigingen tussen kamers te voorkomen. Zo moeten bijvoorbeeld verzorgingsproducten als deodorant worden gebruikt in een ruimte met een ventilatieafvoer, in de zogenaamde natte ruimtes, zodat deze zich niet in de woning kunnen verspreiden. Voor PM_{2.5} van omgevingslucht kunnen filters worden toegepast in de mechanische toevoer van het ventilatiesysteem.

De derde maatregelstap is een ventilatiesysteem voor het hele huis (verdunning). Met voldoende broncontrole, kan de controle van het ventilatiesysteem slim zijn, dat betekent dat de ventilatie alleen naar een hoger niveau gaat vanwege geurcontrole van menselijke bronnen.

De vierde maatregelstap zijn filters en zelfstandige luchtreinigers. Bij natuurlijke toevoer kan geen filtering van de ventilatielucht worden toegepast. In dergelijke

gevallen kan een op zichzelf staande luchtreiniger de blootstelling helpen verminderen.

2.3 Overzicht van maatregelen

De in Tabel 1 gerapporteerde waarden zijn op basis van literatuuronderzoek bepaald. Voor de indeling van de maatregelen is de arbeidshygiënische prioritering toegepast: als eerste stap worden bronnen weggenomen, als dat niet mogelijk is wordt in de tweede stap compartimentering en bronafzuiging toegepast, en dan pas wordt als derde stap de verontreiniging met ventilatie verdund.

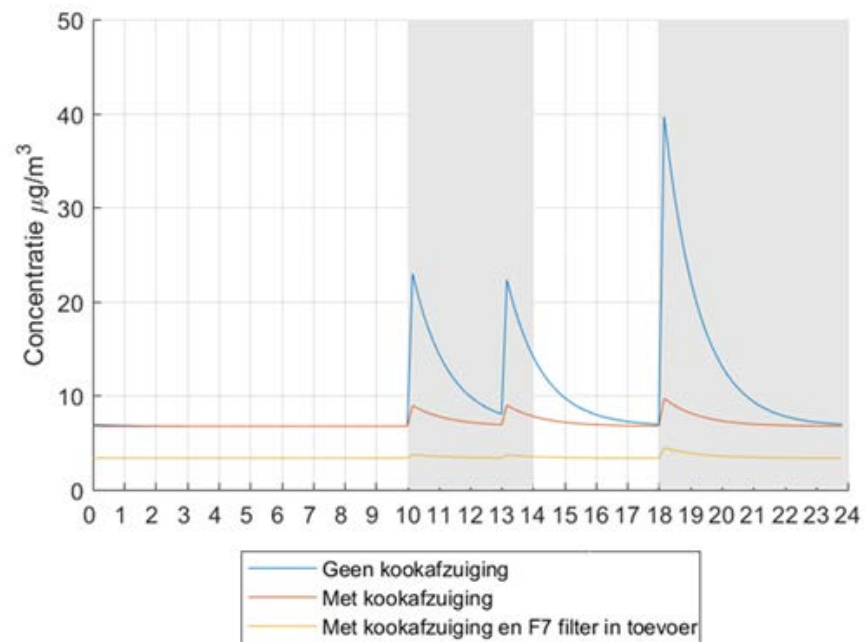
De bron aanpak zorgt voor 100% effectiviteit. Compartimentering en bronafzuiging kan bij goede uitvoering ook voor 100% effectiviteit zorgdragen, is echter wel veel gevoeliger voor bewonersgedrag. Verdunning met ventilatie is bij fijnstof weinig effectief en zorgt voor discomfort en extra energiegebruik. Verdunning met ventilatie is met name bruikbaar voor verontreinigingen die door de mens zelf worden veroorzaakt, bijvoorbeeld bio-effluenten of andere niet plaatsgebonden bronnen. Voor de overstap van koken op gas naar inductief koken, het plaatsen van een afzuigkap met afvoer naar buiten, het plaatsen van een rooster is de hulp van professionals nodig. Verbetering van ventilatie in de slaapkamer, kan meerdere disciplines vereisen en is in bijna alle gevallen gecompliceerd. De overige maatregelen kunnen door de bewoner zelf kunnen worden uitgevoerd. In de literatuur is alleen de kosteneffectiviteit bij filtering vermeld. Plaatsing of verbetering van luchtfilters in het ventilatiesysteem of plaatsing van stand-alone luchtreinigers hebben beide een kosteneffectiviteit van meer dan een factor 10 (Fisk, 2017). Dat wil zeggen dat de gezondheidswinst uitgedrukt in euro's een factor tien zo groot is als de kosten van de maatregel.

Tabel 1 overzicht van in de literatuur genoemde maatregelen om de luchtkwaliteit in woningen te verbeteren met een inschatting van de effectiviteit en de complexiteit om de maatregel zelf te implementeren (*kosten effectiviteit, **2476 MJ extra energieverbruik door spui ventilatie).

Contaminant	Type	Maatregel	Effect	professional noodzakelijk	Literatuur ref.
PM _{2.5} door roken	Bron	Stoppen met binnen roken	100%	-	
NO ₂ koken op gas	Bron	Inductief koken	100%	+	
PM _{2.5}	Bron	Elektrische waxine lichtjes en kaarsen	100%	-	
PM _{2.5} , roet	Bron	Geen openhaard of kachel meer stoken	100%	-	
Ftalaten	Bron	PVC vloerbedekking uit slaapkamer verwijderen	?	-	Shu 2014
PM _{2.5} bij bakken en braden	Bronafz.	Afzuigkap met 95 dm ³ /s en koken op voorste pitten	75%	+	Singer 2012
		Goede afzuigkap 83 dm ³ /s bij bereiden 4 typische NL maaltijden	> 93%	+	O'Leary 2019
		Afzuigkap 83 dm ³ /s die voorste pitten niet bereikt (slechte afz.kap)	70%	+	VentKook, 2018
		Goede motorloze afzuigkap op afzuigventiel met 21 dm ³ /uur	50%	-	
		Slechte motorloze afzuigkap op afzuigventiel met 21 dm ³ /uur	25%	-	
NO ₂ koken op gas	Bronafz.	Afzuigkap met afvoer naar buiten installeren en gebruiken	67%	+	Logue 2014
PM _{2.5} bij bakken	Comp+filter	Recirculatie afzuigkap	< 30%	-	Jacobs, 2017
PM _{2.5}	Comp+filter	HEPA filters in ademzone van astmatici	99%	-	Fisk 2013
PM _{2.5}	Filtering	Verbeteren filterkwaliteit in US woning ventilatiesysteem	> 10*	-	Fisk 2017
		Plaatsen stand alone HEPA filters	> 10*	-	
PM _{2.5}	Filtering	Verhogen filterkwaliteit ventilatietoever (reductie% t.o.v. buiten)	> 97%	-	Singer 2017
PM _{2.5}	Filtering	Plaatsen luchtreiniger in 8 interventie studies	40 – 60%	-	Day 2018
PM _{2.5}	Filtering	Ionisatie recirculatie filter op basis van ozon productie	negatief	-	Waring 2008
PM _{2.5}	Filtering	HEPA filter op stofzuiger	99%	-	Lioy 1999
PM _{2.5}	Ventilatie	Met spui ventilatie dezelfde luchtkwaliteit verkrijgen als met een afzuigkap die 95% direct invangt	Discomfort > energie**	-	Jacobs 2017b
CO ₂	Ventilatie	Verbeteren luchtkwaliteit in slaapkamer door beter rooster gebruik		-	
		Idem door plaatsen zelfregelende roosters		+	
		Idem door installatie van mechanische toe- of afvoer		++	

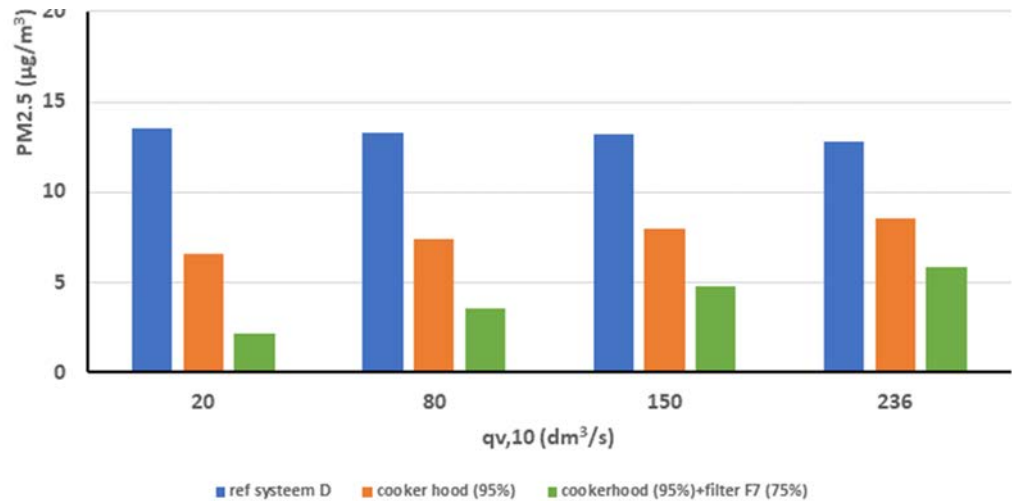
In het project Be Aware zijn op basis van monitoringsdata in 100 woningen typische $PM_{2.5}$ fijnstof emissiepatronen afgeleid. Deze emissiepatronen zijn gebruikt om door middel van simulaties in woningen met verschillende luchtdichtheden en 2 type ventilatiesystemen het effect op de $PM_{2.5}$ fijnstof concentratie te bepalen.

Figuur 1 geeft het effect weer van twee maatregelen toegepast in een woning met balansventilatie. Bij kookafzuiging is uitgegaan van een afzuigkap met $83 \text{ dm}^3/\text{s}$ afvoer en een vangstefficiëntie van 95% (TKI VentKook, 2018). Plaatsing van een F7 filter in de luchttoevoer van de balansventilatie (systeem D) zorgt voor verwijdering van 75% van het $PM_{2.5}$ uit de ventilatietoeverlucht.



Figuur 1 woning met balansventilatie (systeem D), verloop van de concentratie in de tijd, de grijze blokken geven de aanwezigheid aan (zondag, week 2).

Figuur 2 laat zien dat een betere woningluchtdichtheid het effect van de maatregelen verbetert.



Figuur 2 woning met balansventilatie (systeem D), effect van luchtdichtheid op de gemiddelde blootstelling tijdens aanwezigheid in de woonkamer/keuken.

In woningen met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer is het niet mogelijk om de toevoerlucht in het ventilatiesysteem te reinigen. Hier is een stand alone luchtreiniger met een Clean Air Delivery Rate van 200 m³/uur verondersteld die continu aanstaat.

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven voor de te behalen reducties in blootstelling tijdens aanwezigheid in de woning. Zowel bij systeem C (natuurlijke toevoer/mechanische afvoer) als voor systeem D is door combinatie van effectieve kookafzuiging met luchtfiltering een reductie van de PM_{2,5} fijnstof blootstelling in de woning van meer dan een factor 10 mogelijk bij de Nederlandse gemiddelde buitenluchtconcentratie van 11,5 µg/m³.

Tabel 2 overzicht reducties van verschillende maatregelen tijdens aanwezigheid in de woning

Buitenluchtconcentratie [µg/m³]	1		11,5		22	
	[µg/m³]	reductie	[µg/m³]	reductie	[µg/m³]	reductie
C, geen kookafzuiging (referentie)	9,3		13,6		17,9	
C, met kookafzuiging	0,8	91%	5,6	59%	10,4	42%
C, met luchtreiniger	0,2	98%	3,1	77%	3,7	79%
C, met kookafzuiging en luchtreiniger	0,2	98%	1,0	93%	1,8	90%
D, Geen kookafzuiging (referentie)	7,1		13,3		19,6	
D, met kookafzuiging	0,9	87%	7,3	45%	13,8	29%
D, Idem + F7 filter in toevoer	0,6	92%	3,5	73%	6,5	67%
D, met luchtreiniger	2,4	67%	4,0	70%	5,6	71%
D, met kookafzuiging en luchtreiniger	0,3	96%	2,0	85%	3,8	80%
D, Idem + F7 filter in toevoer	0,2	98%	0,8	94%	1,3	93%

3 Welke maatregelen en innovaties zijn noodzakelijk?

3.1 Maatregelen

Simulaties (Jacobs et al., 2019) op basis van de Be Aware data geven aan dat met name kookafzuiging en luchtfiltering van belang zijn om de fijnstof blootstelling te verlagen. Bij natuurlijke toevoer in combinatie met mechanische afvoer (systeem C) neemt door goede kookafzuiging in combinatie met luchtreinigers de blootstelling in de woning met 93% af. Bij balansventilatie kan met goede kookafzuiging in combinatie met een F7 filter in de toevoerlucht wordt een reductie van 73% bereikt. Kookafzuiging is dus cruciaal voor een gezonde gasloze woning. Bewoners zijn vaak door bouwkundige randvoorwaarden niet in staat om deze achteraf aan te brengen bijvoorbeeld in gestapelde bouw. Daarom is het van belang dat al tijdens renovatie, onderhoud en nieuwbouw (voorzieningen voor) een effectieve kookafzuiging wordt meegenomen. In bijvoorbeeld California is daarom regelgeving (2016) ingevoerd voor het verplicht aanbrengen van een kookafzuiging. De doelstelling is om de blootstelling ten gevolge van koken betreft fijnstof en NO₂ concentratie dusdanig te reduceren dat aan de WHO advieswaarden kan worden voldaan. Dit kan door woningen dusdanig in te richten dat iedereen de mogelijkheid krijgt om deze richtwaarden te behalen.

De belangrijkste knelpunten zijn, niet in volgorde van belangrijkheid:

1. Als mensen aan gezondheid denken, denken ze niet gelijk aan binnenlucht. De rol van kookdampen wordt bekender, maar is niet bij iedereen bekend. En er is vaak geen handelingsperspectief. Veel mensen zijn zich er niet van bewust dat recirculatie afzuigkappen fijnstof en verbrandingsgassen niet afvangen.
2. Bij sommige installateurs en aannemers vervalt de garantie op de ventilatie en of de warmtepomp als een kookafzuiging wordt aangebracht i.v.m. mogelijke verstoring van het ventilatiesysteem. Bij sommige aannemers vervalt de garantie op gevel waterdichtheid als een gat in de muur wordt geboord.
3. In het Bouwbesluit staat voor de opstelplaats kookvoorziening (keuken) een afvoereis gekoppeld aan het afvoeren van vocht uit een gesloten keuken na afloop van het koken. Voor directe invang van de kookdampen, wat bij een open keuken een vereiste is, is een vier maal zo hoge afvoercapaciteit noodzakelijk. Een ander aspect dat ook nu met de huidige ventilatiesystemen geldt is het voorkomen van terugstroming uit een open verbrandingstoestel. Oplossingsrichting is bijvoorbeeld gesloten toestellen met eigen toevoer, of het voorkomen van onderdruk in de woning.
4. Op sommige ventilatiesystemen mag van de fabrikant geen (motorloze) kookafzuiging worden aangesloten i.v.m. mogelijke vetaanslag in kanalen en componenten.
5. Voor ontwikkelaars en woningbouwcorporaties is het lastig om te bepalen wat voor een goede binnenluchtkwaliteit noodzakelijk is. Het ontbreekt momenteel aan handvatten voor aanbesteding.

Op dit moment zijn allereerst systeeminnovaties noodzakelijk, waarbij woningen dusdanig worden ontworpen dat deze voldoende toe- en afvoercapaciteit behalen ten aanzien van kookafzuiging. Voor deze systeeminnovaties zijn de volgende stakeholders van belang:

- Consumentenorganisaties: Longfonds, Coalitie Gezonde Binnenlucht, Woonbond, VEH, VAC punt wonen.
- Branche organisaties, fabrikanten bedrijven: VLA, Platform Binnenlucht, Techniek Nederland, Bribus, ATAG.
- RVO, TKI UrbanEnergy, Ministerie van BZK.
- Adviseurs, projectontwikkelaar: KoppenVastgoed, Timpaan, BAM, van Wijnen.
- Woningcorporaties: Eigen Haard, Vestia, Vidomes, Portaal.
- ISSO, RIVM, GGD.
- ISIAQ.nl dit is een platform voor kennisdisseminatie in Nederland op het gebied van binnenluchtkwaliteit.
- AIVC.org (EIA ANNEX V) dit is een goed platform voor internationale kennisuitwisseling.

Ook is het van belang dat er een toetsbaar programma van eisen komt voor woningcorporaties, ontwikkelaars en vastgoedbeleggers om te kunnen sturen op prestaties van binnenlucht.

3.2 Gewenste innovaties, aantonen noodzaak en effect

Technologische innovaties die bijdragen aan een gezonde aardgasloze woning zijn:

- Ventilatiesystemen die een lagere drukval hebben waarmee hogere debieten haalbaar zijn met minder geluid en minder hulpenergie. Hiervoor zijn innovaties noodzakelijk als lage druk filtering, lage druk warmtewisseling, kanaalarme ventilatiesystemen, lage druk luchtdistributie.
- Ter aanvulling op bovenstaand punt, ventilatiesystemen die minder geluid produceren: ventilatoren die minder geluid maken bijvoorbeeld op lagere toerentallen kunnen draaien, beter afscherming van toestellen en kanalen, geluidsreducerende kanalen, omkastingen en ventielen.
- Filters die langere standtijd hebben, dit geldt voor de toevoerfilters van verse buitenlucht maar ook voor vetfilters in kookafzuiging.
- Effectieve, voor de gebruiker prettige, terugkoppeling over de binnenluchtkwaliteit die aan bewoners ook handelingsperspectief biedt.
- Intuïtieve bediening en terugkoppeling van de werking van ventilatie voor bewoners van ventilatiesystemen door een betere gebruikers interactie. Het regelen van het ventilatieniveau dient een automatische optie te hebben omdat bewoners niet in staat zijn om dit te regelen. Het gaat hierbij niet alleen om CO₂ maar juist de belangrijkste verontreinigingen (vocht, emissies inrichting en bouwmaterialen, koken).
- Een goede ventilatieregeling en bronmaatregelen om een te hoge vochtbelasting en daardoor schimmel te voorkomen.
- Een heldere opnamemethodiek om te toetsen of de woning geschikt is om een gezonde binnenlucht te kunnen creëren.
- Automatische analyse door kennisregels/modellen om prestatie-eisen voor binnenlucht te kunnen vertalen in toetsing tijdens de gebruiksfase.

3.3 Voorkomen dat nieuwe technologieën worden gediskwalificeerd door verkeerde perceptie

Om te voorkomen dat nieuwe technologieën worden gediskwalificeerd is een actieplan opgesteld, dat op 18 oktober 2019 met het Ministerie van BZK is besproken. BZK heeft aangegeven dat bijvoorbeeld verplichting van een voorziening voor kookafzuiging een reële optie is. Op 30 oktober is het actieplan besproken met het Longfonds. Met het Longfonds is een vervolgspraak gemaakt om de bewustwording op dit onderwerp te vertalen in het formuleren van nieuwe activiteiten.

3.4 Mogelijke vervolgacties per knelpunt

Knelpunt	Mogelijke actie
1. Beginnend bewustzijn consumenten, geen handelingsperspectief	Consumentenvoorlichting, handelingsperspectief, label afzuigkappen (Longfonds, Platform Binnenlucht, Coalitie Binnenlucht, FME-VLA, Milieuceentraal, VEH, Woonbond, TNO)
2. Garantie vervalt bij aannemers en installateurs bij plaatsing afzuigkap	Uniforme handleiding van consumenten voor o.a. plaatsing kookafzuiging en gebruik ventilatiesysteem en kennisoverdracht voor aannemers en installateurs (Techniek Nederland, VLA, VEH, Woonbond, Longfonds, Milieuceentraal, TNO)
3. Ontbrekende regelgeving	Aanpassen regelgeving, praktijkregels, verwerkingsvoorschriften, publiciteit (Min BZK, ISSO, Sector, RIVM, TNO)
4. Verwerkingsvoorschriften fabrikant sluiten kookafzuiging uit	Uniform maken verwerkingsvoorschriften van ventilatiefabrikanten met zicht op Private kwaliteitsborging. Dan kan inpassing van kookafzuiging worden meegenomen (VLA, Dominus, TNO)
5. Handvatten voor aanbesteding	Ontwikkeling tenderdocument gezonde binnenlucht vergelijkbaar met PvE frisse scholen en PvE gezonde kantoren

4 Terugkoppeling met de markt

Om de kennis terug te koppelen naar de markt is een powerpoint presentatie opgesteld en zijn tijdens het project de volgende presentaties gegeven:

- Powerpoint presentatie 'Gezonde gasloze woning' op de NVBV Kennismiddag 2 oktober 2019, ca 30 deelnemers met name bouwfysische adviesbureaus;
- Presentatie op AIVC conferentie Philadelphia 2018 (Jacobs et al 2018);
- Presentatie op AIVC conferentie Gent 2019 (Jacobs, Borsboom, de Gids, 2019);
- Powerpoint presentatie 'Gezonde gasloze woning' bij Zehnder 30 september 2018.

5 Literatuurlijst

Borsboom W.A. et al, Technote Ventilation and Health, AIVC 2016

Broderick A, Byrne M., Armstrong S., Sheahan J., Coggins A.M., A pre and post evaluation of indoor air quality, ventilation, and thermal comfort in retrofitted co-operative social housing, *Building and Environment* 122, 126-133, 2017.

California Mechanical Code (CMC) 504.2.1 Kitchen exhaust make-up air, 2016

Day D.B., Xiang J. Mo J. Clyde M.A., Weschler C.J., Li F., Gong J., Chung M., Zhang Y., Zhang J., Combined use of an electrostatic precipitator and a high efficiency particulate air filter in building ventilation systems: effects on cardiorespiratory health indicators in healthy adults, *Indoor Air*, 28: 360 – 372, 2018.

Fisk W.J., Health benefits of particle filtration, *Indoor Air* 23: 357 – 368, 2013.

Fisk W.J., Chan W.R., Effectiveness and cost of reducing particle-related mortality with particle filtration, *Indoor Air*, 2017.

Jacobs P., Borsboom W., Kemp R., PM_{2,5} in Dutch Dwellings due to Cooking, AIVC conference Alexandria, 2016.

Jacobs P., Cornelissen E., Efficiency of recirculation hoods with regard to PM_{2.5} and NO₂, *Healthy Buildings 2017*, Lublin, Polen, 2017.

Jacobs P., Fijnstof bronnen in en rondom woningen, *TVVL magazine*, 06, 2017a

Jacobs P., Kornaat W., Borsboom W., Fijnstof bij het koken - Het effect van kookafzuiging op fijnstofconcentraties in woningen, *Bouwfysica*, 1, 2017b

Jacobs P., Borsboom W., Gids W., Indoor air quality in Nearly Zero Energy Buildings, reduction of exposure, AIVC conferentie, Gent, 2019.

Lioy P.J., Wainman T., Junfeng J.Z., Goldsmith S., Typical Household Vacuum Cleaners: The Collection Efficiency and Emissions Characteristics for Fine Particles, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 1999.

Logue, J., Klepeis, N., Lobscheid, A., & Singer, B.. Pollutant exposures from natural gas cooking burners; a simulation-based assessment for southern California. *Environment Health Perspectives*, 122: 43-50, 2014.

O'leary C., Kluizenaar Y., Jacobs P., Borsboom W., Hall I., Jones BG., Investigating measurements of fine particle (PM_{2.5}) emissions from the cooking of meals and mitigating exposure using a cooker hood, *Indoor Air*, februari 2019.

Shu H., Jonsson B.A., Larsson M., Nanberg E., Bornehag C.G., PVC flooring at home and development of asthma among young children in Sweden, a 10-year follow-up, *Indoor Air*, 24: 227 – 235, 2014.

Singer B.C., Delp W.W., Price P.N., Apte M.G., Performance of installed cooking exhaust devices, *Indoor Air*, 22: 224 – 234, 2012.

Singer B. C., Delp W. W., Black D. R. Walker I. S., Measured performance of filtration and ventilation systems for fine and ultrafine particles and ozone in an unoccupied modern California house, *Indoor Air*, 27: 780 – 790, 2017.

VentKook, Jacobs P., TNO 2018 R11055 Openbaar eindrapport TKI Urban Energy VentKook - Ventilatiesysteem met goede kookafzuiging, 2018.

Waring M.S., Siegel J.A., Corsi R.L., Ultrafine particle removal and generation by portable air cleaners, *Atmospheric environment*, 2008.

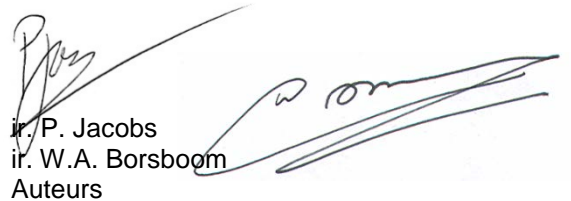
6 Ondertekening

Delft, 9 december 2019

TNO



Ir. A.C. Westerlaken
Research Manager



ir. P. Jacobs
ir. W.A. Borsboom
Auteurs