

## Auteurs

Dr. ir. M (Marije) te Kulve<sup>a</sup>; dr. ir. M.G.L.C. (Marcel) Loomans<sup>b</sup>, dr. ir. A. (Atze) Boerstra<sup>a</sup>

a. bba binnenmilieu, Den Haag, Nederland

b. Technische Universiteit Eindhoven, Faculteit Bouwkunde, Building Performance IEQ-Health, Nederland

# Fijnstofblootstelling in grootkeukens

*Blootstelling aan hoge concentraties fijnstof (Particulate Matter (PM)), met name kleinere deeltjes (<2,5 micron, PM<sub>2,5</sub>), heeft een negatief effect op de gezondheid (Feng et al., 2016). Onlangs is inzichtelijk gemaakt dat mensen hier niet alleen buiten aan worden blootgesteld. Ook binnenshuis dragen activiteiten bij aan verhoogde fijnstofconcentraties. Koken (bijv. roerbakken) blijkt één van de belangrijkste bronnen in woningen te zijn (Jacobs et al, 2016). Dit leidt tot de vraag hoe het gesteld is met de fijnstofblootstelling in grootkeukens waar continue gekookt wordt.*

Tot nu toe hebben studies zich met name gericht op de blootstelling aan fijnstof in keukens van woningen (Jacobs et al., 2016). Er is echter veel minder bekend over de fijnstofblootstelling van koks in professionele keukens / grootkeukens, die dagelijks bij het koken meerdere uren worden blootgesteld. De vraag is dan ook hoe de blootstellingsniveaus in grootkeukens zich verhouden tot de algemene niveaus die als veilig worden beschouwd op basis van bronnen in de buitenlucht, zoals bijvoorbeeld gedefinieerd door de Wereldgezondheidsorganisatie voor de algemene populatie (WHO; dagelijks maximumniveau 25 µg/m<sup>3</sup>). In de semi-industriële situaties kunnen mogelijk minder strenge (ARBO) eisen gehanteerd worden. Voor werksituaties in grootkeuken zijn echter geen grenswaarden gevonden. Alleen de International WELL Building Standard voor commerciële keukens schrijft een grenswaarde van 35 µg/m<sup>3</sup> voor de PM<sub>2,5</sub> concentratie in de ruimte (International WELL Building Institute, 2015). Resultaten uit de studie van Bindu en Reddy (2015) uitgevoerd in grootkeukens in India laten zien dat deze niveaus vele malen hoger zijn dan deze waarde van de WHO en WELL. Voor de Nederlandse situatie is echter onbekend wat de huidige situatie aan blootstellingsniveaus is.

Het hoofddoel van dit onderzoek was daarom om de fijnstofblootstelling van koks en personeel in professionele keukens in kaart te brengen, met een focus op de Nederlandse situatie. Dat is op twee manieren gedaan: (1) in een laboratoriumsituatie (in een Halton vestiging, Frankrijk) is de gevoeligheid van het blootstellingsniveau voor de aanwezigheid en het functioneren van een afzuigkap onderzocht; (2) in een veldonderzoek is in

verschillende keukens van Nederlandse restaurants het blootstellingsniveau ter plaatse gemeten. In beide studies zijn factoren meegenomen die van invloed kunnen zijn op de fijnstofconcentratie, zoals het type voedsel dat bereid werd, de indeling en kenmerken van de keuken, de kenmerken van de afzuigkap, de algemene ventilatiestand, enzovoort. Een aanvullend doel van dit onderzoek was om op basis van de verkregen resultaten het bewustzijn over de luchtkwaliteit in professionele keukens te vergroten.

## Laboratoriumonderzoek

De doelstellingen van het laboratoriumonderzoek waren:

- Objectiveren van de fijnstofblootstelling van een kok in een ideale situatie (in termen van ventilatie).
- Het in kaart brengen van het effect van verschillende maaltijden op de fijnstofblootstelling.
- Het in kaart brengen van het effect van verschillende ventilatieconfiguraties op de fijnstofblootstelling van een kok en de concentraties in de keuken.

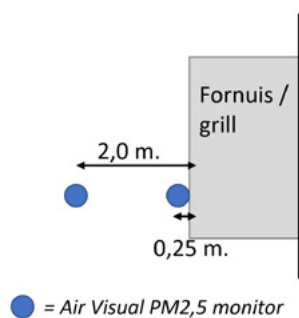
## Methode

In de laboratoriumstudie werd de blootstelling aan PM<sub>2,5</sub> gemeten tijdens het bereiden van drie verschillende maaltijden en voor verschillende ventilatieconfiguraties (2 type afzuigkappen beide getest in 2 standen). De onderzochte combinaties van de verschillende kooktechnieken, afzuigkappen en de gebruikte standen zijn weergegeven in Tabel 1.

In alle situaties werd de PM<sub>2,5</sub> concentratie gemeten op drie locaties gemeten (zie Figuur 1):

- In de ademzone van de kok (TSI sidepak AM510 persoonlijke aërosolmonitor met het PM<sub>2.5</sub> filter; meetinterval 1 sec)
- Op 0,25 meter van het fornuis / grill (AirVisual Pro; meetinterval 10 sec).
- Op 2,0 meter van het fornuis / grill (AirVisual Pro; meetinterval 10 sec).

Voor de metingen in de ademzone werd een slangetje aangesloten op de inlaat van het meettoestel. De andere kant van het slangetje werd bevestigd aan de kraag van de kok (zie Figuur 6). Op deze manier werd de lucht gemeten nabij de ademzone van de kok. De sensoren in de ruimte werden op een hoogte van 1,65 meter geplaatst, ter hoogte van de ademzone van een staand persoon (positie waar een collega kok / keukenhulp zou kunnen staan tijdens de kookactiviteit). Alle fijnstofmetingen zijn tegelijk met het koken gestart. De meting werd beëindigd op het moment dat de achtergrondconcentraties zich op het basisniveau (zoals voor het koken) bevonden. De duur van de meetperiode varieerde daardoor tussen de verschillende metingen.



Figuur 1: (links) plattegrond van de meetopstelling, (rechts) foto van de meetopstelling.



In het onderzoek is gekeken naar de fijnstofconcentratie bij het bereiden van drie verschillende maaltijden. Hierbij is gekozen voor het bakken van hamburgers op een grill, het bakken van pannenkoeken met spek en tijdens het wokken van groenten en noodles vanwege de invloed van het bereiden van deze maaltijden op de fijnstofconcentratie in woningen (Jacobs et al, 2016). Om de invloed van de maaltijd te onderzoeken is de fijnstofconcentratie gemeten tijdens het bereiden van de drie maaltijden bij dezelfde afzuigkap. Om de invloed van de afzuigkap te meten zijn de hamburgers bereid onder twee verschillende afzuigkappen ("Canopy" en "Backshelf").

De bereiding van alle drie de maaltijden is getest met de "Canopy" afzuigkap (Halton Canopy hood KVD 1350 mm x 1600 mm) in twee verschillende standen (C1 en C2). Bij de eerste stand (C1) stond de afzuigkap op de "Capture and Containment" (C&C) waarde: afzuigniveaus die voldoende zijn om zichtbare dampen onder de gegeven belasting te verwijderen. Bij de tweede stand (C2) werd de afzuiging gereduceerd tot een luchtstroom van 1500 m<sup>3</sup>/uur. Zie Figuur 2 (links) voor een foto van de Canopy afzuigkap.

Tabel 1: Overzicht van de uitgevoerde metingen.

Nr.	Naam	Kooktechniek	Afzuigkap	Stand [m <sup>3</sup> /uur]	"Capture jet"
#01	C1	Hamburgers	"Canopy"	2640 C&C-waarde voor grill	Aan
#02	C2	Hamburgers	"Canopy"	1500	Aan
#03	C1	Pannenkoeken	"Canopy"	2300 C&C-waarde voor fornuis	Aan
#04	C2	Pannenkoeken	"Canopy"	1500	Aan
#05	C1	Chinese stijl wok	"Canopy"	2300 C&C-waarde voor fornuis	Aan
#06	C2	Chinese stijl wok	"Canopy"	1500	Aan
#07	B1	Hamburgers	"Backshelf"	750 C&C*-waarde voor grill	Aan
#08	B2 ON B2 UIT	Hamburgers	"Backshelf"	750 C&C*-waarde voor grill	1ste deel: Aan 2de deel: Uit

Daarnaast is de "Backshelf" afzuigkap (Halton KSR/S, 1100 mm), zie Figuur 2 (rechts), ook in twee standen getest bij het bakken van hamburgers. De eerste stand was op C&C-waarde (B1) en tijdens de tweede stand (B2) werd de "Capture jet" halverwege de kookprocedure uitgeschakeld.

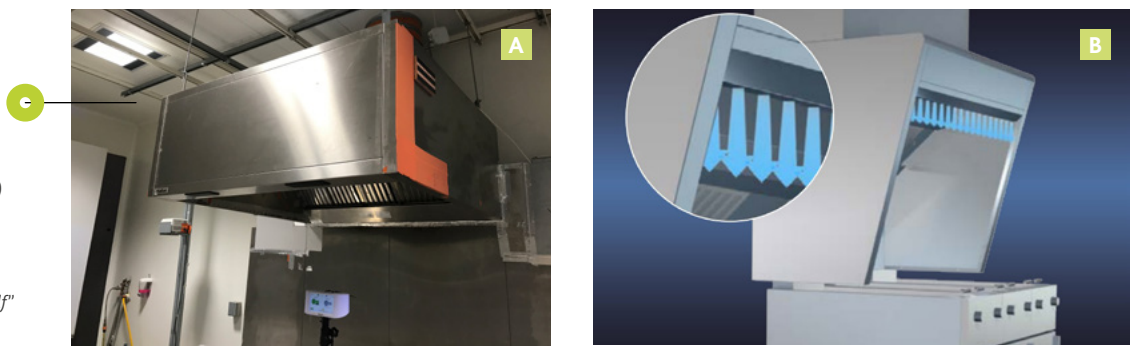
De gemeten concentraties tijdens de verschillende kooktechnieken, type afzuigkappen en instellingen van de afzuigkappen zijn vervolgens vergeleken met de WHO-grenswaarde van 25 µg/m<sup>3</sup> (grenswaarde voor gemiddelde dagelijkse blootstelling aan PM2,5) en de WELL-gebouwstandaardgrenswaarde voor commerciële keukens van 35 µg/m<sup>3</sup>. Omdat de gemiddelde concentratie sterk beïnvloed wordt door hoge pieken, is hiervoor de mediaan gebruikt.

## Resultaten en discussie

Om inzicht te krijgen in de PM2,5 concentraties die in een ideale situatie kunnen worden bereikt, is gekeken naar de concentraties gemeten tijdens de hoge stand (C&C). In

Figuur 3 zijn de PM2,5 concentraties gemeten in de ademzone gepresenteerd voor tijdens de bereiding van verschillende maaltijden. Hieruit blijkt dat tijdens het koken, de PM2,5 concentratie in de ademzone de WHO-grens van 25 µg/m<sup>3</sup> gemiddeld 23% van de tijd overschrijdt.

De PM2,5-concentraties in de ruimte (in de buurt van het fornuis of de grill) zijn ook vergeleken met de dagelijkse blootstellingslimiet van de WHO en met de richtlijn van de WELL-bouwstandaard voor commerciële keukens (35 µg/m<sup>3</sup>). In de "ideale



**Figuur 2:** Visualisatie van de kenmerken van de afzuigkap. 2a) Foto van de Canopy afzuigkap; 2b) Illustratie van de "Capture jet" voorziening bij de "backshelf" afzuigkap. (bron: Halton)

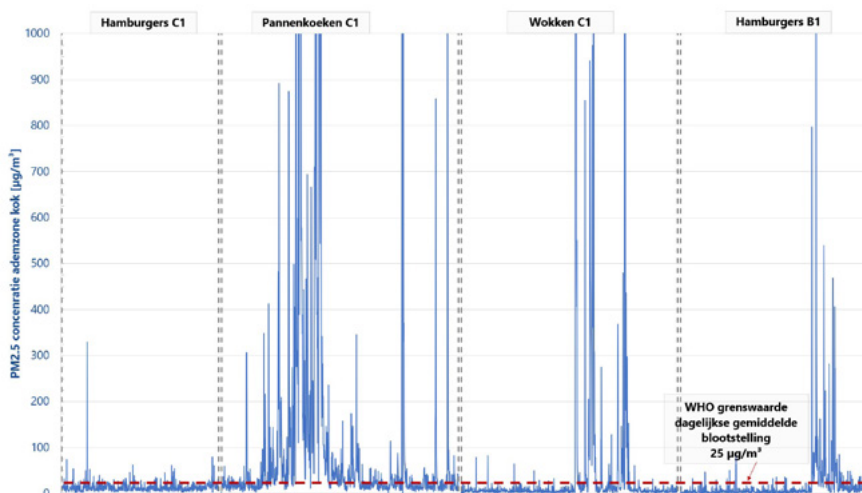
situatie" (C&C-waarden), zowel op een afstand van 0,25 meter als van 2,0 meter, overschreden de gemeten concentraties de referentiewaarden minder dan 1% van de kooktijd (Figuur 4).

De verschillende kooktechnieken zijn allemaal getest met zowel de "hoge" als de "lage" stand van de "Canopy" afzuigkap (respectievelijk C1 en C2; zie Figuur 5). Bij het vergelijken van de verschillende kookstijlen resulteerde het bakken van pannenkoeken in de hoogste PM<sub>2,5</sub> concentraties in de ademzone. Tijdens de hoge ventilatiestand (C1) was de mediaanconcentratie in de ademzone tijdens het bakken van pannenkoeken 24 µg/m<sup>3</sup>, terwijl deze tijdens het bakken van hamburgers 12 µg/m<sup>3</sup> was en tijdens het roerbakken 7 µg/m<sup>3</sup>. De mediaanconcentratie van PM<sub>2,5</sub> voor de pannenkoeken tijdens de lage stand (C2) was 49 µg/m<sup>3</sup>. Voor dezelfde instelling was de mediaanwaarde tijdens het bakken van hamburgers 31 µg/m<sup>3</sup> en 10 µg/m<sup>3</sup> tijdens het roerbakken.

Wat betreft de 'achtergrondconcentratie meting': In de ruimte resulteerde het bakken van hamburgers juist in de hoogste PM<sub>2,5</sub> concentratie. Op een afstand van 0,25 meter was de mediaan tijdens de bereiding van de hamburgers 34 µg/m<sup>3</sup>, terwijl dit slechts 8 µg/m<sup>3</sup> en 6 µg/m<sup>3</sup> was tijdens respectievelijk het bakken van de pannenkoeken en het roerbakken (alle drie bij de lage stand van de afzuigkap).

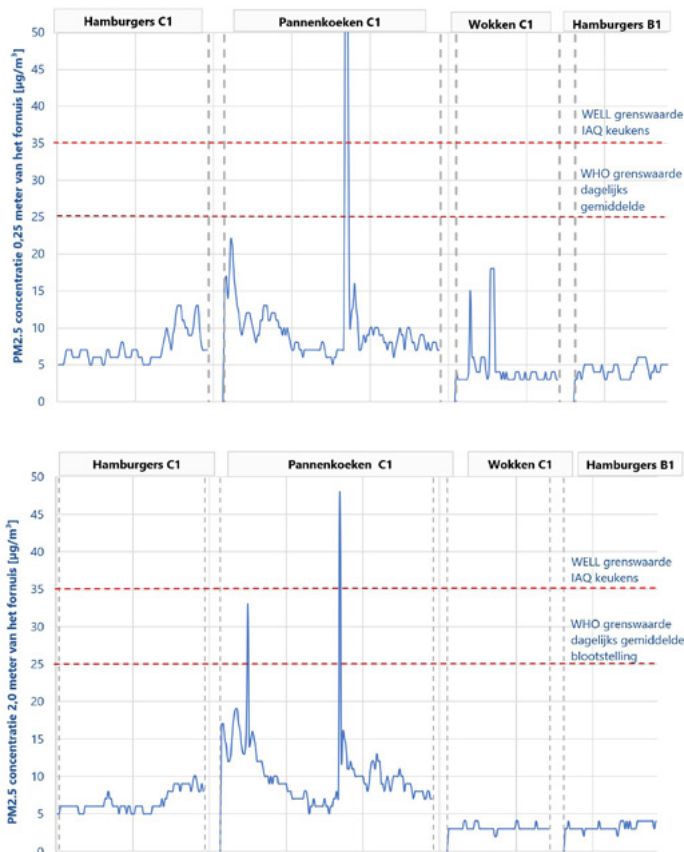
Bij het vergelijken van de temperatuur tijdens de verschillende maaltijden is er een duidelijk verschil waarneembaar tussen de bereiding van de hamburgers en de andere bereidingswijzen. Bij het bakken van hamburgers was de omgevingstemperatuur op 0,25 meter van de grill boven de 50°C, terwijl deze bij het bakken van pannenkoeken of bij het roerbakken rond de 25°C bleef. Op een afstand van 2,0 meter was er nog steeds een duidelijk verschil in omgevingstemperatuur tussen de kookprocedures. Deze hoge (stralings-)temperatuur in de buurt van de grill, zorgt ervoor dat de kok meer afstand houdt tot de grill wat mogelijk verklaart waarom de concentratie in de ademzone relatief laag is.

De hamburgerbereiding werd vier keer uitgevoerd om een vergelijking te maken tussen de twee verschillende afzuigkappen en de twee verschillende ventilatiestanden van elke afzuigkap. Voor beide afzuigkappen geldt dat de PM<sub>2,5</sub> metingen in de ademzone laten zien dat het ventilatiesysteem minder efficiënt is wanneer de "lage" stand wordt gebruikt in vergelijking met de "hoge" stand (zie Figuur 5). Vooral wanneer de "capture jet" van de "Backshelf" werd uitgeschakeld, steeg de PM<sub>2,5</sub> snel tot een mediaanwaarde van 384 µg/m<sup>3</sup> tijdens deel 2 (2<sup>e</sup> deel B2 OFF).

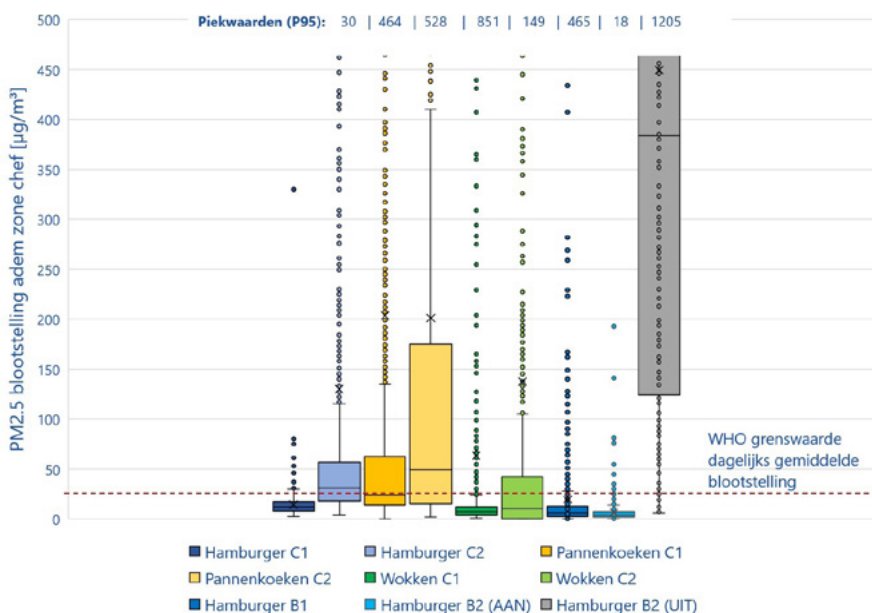


**Figuur 3:** PM<sub>2,5</sub> concentraties in de ademzone van de kok met de afzuigkap op de hoogste stand tijdens de verschillende kooktechnieken. Opmerking: tussen de verschillende kooktechnieken werd de andere meting uitgevoerd met de andere stand van het ventilatiesysteem, dit is niet in deze grafiek is weergegeven.

**Figuur 4:** Indicatieve metingen van de PM2,5 concentraties op 0,25 meter (boven) en 2,0 meter (onder) van het fornuis bij maximale ventilatie (C&C). Opmerking: tussen de verschillende kooktechnieken werd een andere meting uitgevoerd bij een andere stand van het ventilatiesysteem, die niet in deze grafiek wordt weergegeven.



**Figuur 5:** Boxplots van de PM2,5 blootstelling in de ademzone, per maaltijd en ventilatiesnelheid in relatie tot de WHO-limiet.



Bij het vergelijken van de "Canopy" afzuigkap en de "Backshelf" afzuigkap in de hoogste stand (C&C-waarden) was de blootstelling aan PM2,5 in de ademzone tijdens het bakken van de hamburgers, met een verschil van 6 µg/m<sup>3</sup>, significant hoger dan bij het bakken op de "Backshelf" (Tabel 2, vergelijking #1). Dit terwijl het percentage van de tijd dat de PM2,5 concentratie de WHO-grens van 25 µg/m<sup>3</sup> in de ademzone overschreed, juist hoger was tijdens het "Backshelf" bakken (15%) in vergelijking met bakken met inschakelde de "Canopy" (9%). Ook in de "lage" instelling was de "Canopy" effectiever dan de kap op de "Backshelf" (Tabel 2, vergelijking #4). De metingen laten zien dat de "capture jet" van de backshelf afzuigkap duidelijk van belang is om de concentraties laag te houden. Om de herhaalbaarheid van de metingen te testen is het 1e deel van beide "Backshelf" metingen uitgevoerd met dezelfde stand (stand "hoog"). Het resultaat laat zien dat er geen significante verschillen zijn in blootstelling bij deze twee metingen (Tabel 2, vergelijking #5). Dit impliceert een goede reproduceerbaarheid van de metingen.

### Veldstudie

De doelstellingen van het veldonderzoek waren:

- Het objectiveren van de typische PM2,5 blootstelling van koks en ander personeel in echte professionele keukens / de horecasector onder realistische omstandigheden.
- Het in kaart brengen van de rol van de achtergrondconcentratie op de blootstelling van de kok.

### Methode

Tussen 25 november 2019 en 27 februari 2020 zijn veldmetingen uitgevoerd in zeven restaurants in Nederland (zie Tabel 3). In alle restaurants zijn metingen uitgevoerd tijdens één avond (diner) of één middag (lunch) wanneer de bezetting van het restaurant representatief was voor een typische dag. In elk restaurant werd de PM2,5 concentratie gemeten in de ademzone van de kok tijdens het koken (vergelijkbaar met de laboratoriumstudie) en op twee locaties in de keuken. Ook werd de buitenconcentratie gemeten. In restaurant 3, 4, 6 en 7 zijn ook metingen uitgevoerd in het restaurant zelf.

Alle metingen werden volgens hetzelfde protocol uitgevoerd, zoals geïllustreerd

**Tabel 2:** Statistische vergelijking tussen de  $PM_{2.5}$  concentratie in de ademzone van de kok tijdens het bakken van hamburgers bij het gebruik van de verschillende kappen en de verschillende ventilatiestanden van de kappen.

Vergelijking nr.	Afzuigkap + stand	Duur meting [sec]	Mediaan [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Afzuigkap + stand	Duur meting [sec]	Mediaan [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	p-waarde**	Significant verschil
#1	"Canopy" hoog (C1)	700	12	"Canopy" laag (C2)	1100	31	<0.001	Ja
#2	"Backshelf" hoog (B1, 2 <sup>e</sup> deel)	280	20	"Backshelf" laag (B2 OFF)	250	384	<0.001	Ja
#3	"Canopy" hoog (C1)	700	12	"Backshelf" hoog (B1)	840	6	0.04	Ja
#4	"Canopy" laag (C2, 2 <sup>e</sup> deel)	550	50	"Backshelf" laag (B2 OFF)	250	384	<0.001	Ja
#5	"Backshelf" hoog (B1, 1 <sup>e</sup> deel*)	560	3	"Backshelf" hoog (B2 ON)	560	4	0.24	Nee

\* Om een vergelijking te maken tussen de kappen en de instellingen werd dezelfde periode voor beide procedures gebruikt: 1e deel om te kunnen vergelijken met de "B2 ON" en 2e deel om te kunnen vergelijken met "B2 OFF".

\*\* Statistische analyses zijn uitgevoerd met behulp van een tweezijdige t-test. Een p-waarde <0,05 wordt als significant beschouwd.

in Figuur 6. In de keuken werden drie fijnstof meetlocaties bepaald (zie Figuur 6), één in de ademzone van de kok (TSI sidepak AM510 persoonlijke aerosolmonitor met het  $PM_{2.5}$  filter; meetinterval 1 sec) en twee op ongeveer 1,0 en 2,0 m van het fornuis (AirVisual Pro; meetinterval 10 sec). De duur van de metingen in de keuken was afhankelijk van het aantal maaltijden dat werd bereid, maar duurde minimaal 15 minuten. De metingen in de keuken werden ongeveer 30 minuten na de laatste maaltijd gestopt.

### Resultaten en discussie

Een voorbeeld van de blootstelling van de kok gedurende de meetperiode in restaurant 1 is te zien in Figuur 7. Bij de pieken is aangegeven welke kookactiviteit er op dat moment plaats vond. De resultaten laten een zeer onregelmatig patroon zien, inclusief zeer steile en hoge pieken. Dit resultaat is representatief voor de situatie bij de andere restaurants. De piekblootstelling kan worden gekoppeld aan de kook- en bakactiviteiten die plaatsvonden. Mogelijk speelt hierbij niet alleen de fijnstofproductie van de activiteit zelf een rol, maar ook het gedrag van de kok op dat moment. Zo zal de kok bijvoorbeeld zijn hoofd

misschien zo nu en dan tussen het fornuis en de afzuigkap plaatsen om het eten te ruiken of om iets om te draaien of roeren. Hetgeen gelijk leidt tot een piek in de blootstelling terwijl dit verder weinig heeft te maken met het functioneren van de afzuigvoorziening. De gemiddelde waarden voor alle restaurants uit deze veldstudie blijven echter onder de  $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$  en geven daarmee lagere resultaten dan gepubliceerd in de Indiaanse studie van Shirin en Reddy (2015). Desalniettemin is de blootstelling in de ademzone bij alle restaurants ten minste 50% van de tijd dat er eten bereid wordt hoger dan de 24-uurs WHO-grenswaarde van  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Voor de meeste restaurants is dit meer dan 75% van de tijd dat de maaltijden bereid worden het geval (Figuur 8 links).

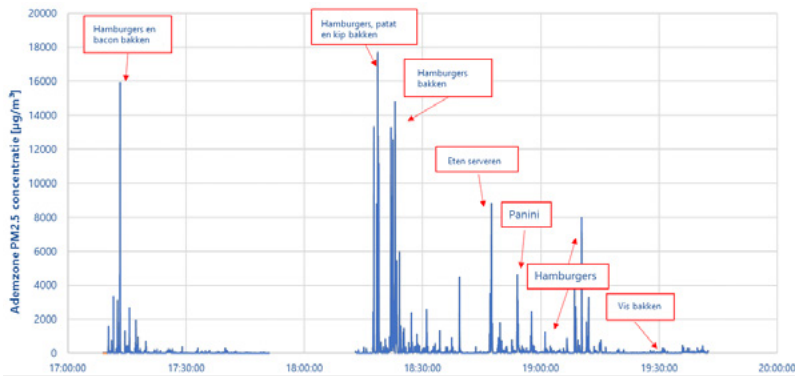
In Figuur 8 wordt ook een vergelijking gemaakt tussen de blootstelling van de kok (in de ademzone; links) en op één meter van het fornuis (rechts). Het toont aan dat de blootstelling voor de verschillende restaurants varieert. Hoewel het niet mogelijk is om de exacte oorzaak van de verschillende uitkomsten te onderscheiden, is aangenomen dat naast het kookgedrag van de kok ook het type gerecht dat bereid wordt sterk van invloed is op de deeltjesproductie. Figuur 8 rechts geeft een indicatie van het verband tussen de kookactiviteit en de deeltjesproductie.

**Figuur 6:** Schema van het protocol tijdens de metingen [boven]; typische positie van de meetapparatuur [onder].

**Tabel 3:** Kenmerken van de restaurants.

Nr.	Keukentype	Maaltijd	Type keuken
1.	Universiteitsrestaurant, Mensa	Diner	Semi-open
2.	Lunchroom (eieren, soep, broodjes)	Lunch	Semi-open
3.	Italiaans (Pasta, Vis, Vlees)	Diner	open
4.	Nederlands (Vlees, salades, frituren, oven)	Diner	gesloten
5.	Iers (Hamburgers)	Diner	gesloten
6.	Aziatisch (Wok)	Diner	open
7.	Pannenkoeken	Lunch	open





**Figuur 7:** Voorbeeld van de blootstelling van de kok in restaurant 1 zoals gemeten voor de geïdentificeerde meetperiode (x-as). Voor sommige pieken wordt de activiteit van de kok aangegeven.

In Figuur 9 worden, tot slot, de PM2.5 concentraties vergeleken welke op verschillende posities (keuken en restaurant) binnen één locatie zijn gemeten. De boxplots illustreren als voorbeeld restaurant 3 en 7. De figuur laat duidelijk zien dat de blootstelling in de ademzone van de kok het hoogst is in vergelijking met andere posities in de keuken en het restaurant. De concentratie neemt af naarmate de afstand tot het fornuis toeneemt. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de bron inderdaad de kookactiviteit is en dat de afzuigkap in staat is om een deel van de geproduceerde deeltjes te verwijderen hetgeen een positief heeft op zowel de concentratie in de ademzone van de kok als op de concentratie in de ademzone van de rest.

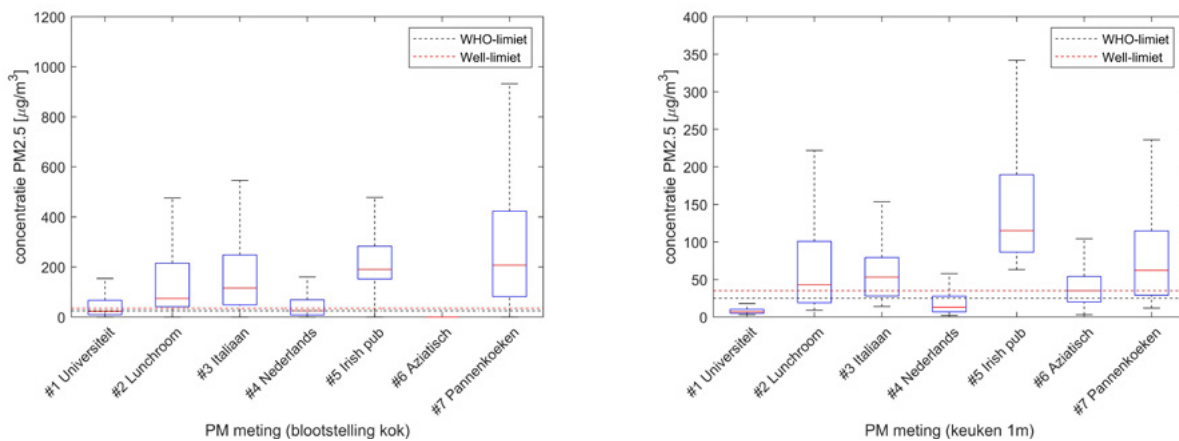
Als we de pieken van de blootstelling gemeten bij de ademzone van de koks negeren, was het mogelijk om de concentratie in de ademzone te correleren aan de gemiddelde concentratie in de keukens. Uitgaande van de

P75-waarde (75% van de gemeten waarden is kleiner dan dit getal) van de blootstelling in de ademzone, resulteerde dit in  $R^2=0,57$  (voor 50%,  $R^2=0,74$ ). Dit zou betekenen dat de blootstelling in de keuken gedeeltelijk kan worden verklaard door de deeltjesconcentratie die in de buurt van de kok wordt gemeten, en andersom. Als gevolg hiervan kan men ook concluderen dat de keukenventilatie voor de verschillende restaurants die in dit veldonderzoek zijn onderzocht, op een vergelijkbaar prestatieniveau werkt.

Om het belang van de pieken inzichtelijk te maken, geeft Tabel 4 een overzicht van de werkelijke

deeltjesinname per uur van de koks in elk restaurant (uitgaande van 7,5 l/min ademhalingsvolume). Daarnaast wordt aangegeven welk % van de totale inname is toe te schrijven aan de pieken, voor de bovenste 25% (P75-100) en bovenste 5% (P95-100) van de gemeten blootstellingsconcentraties.

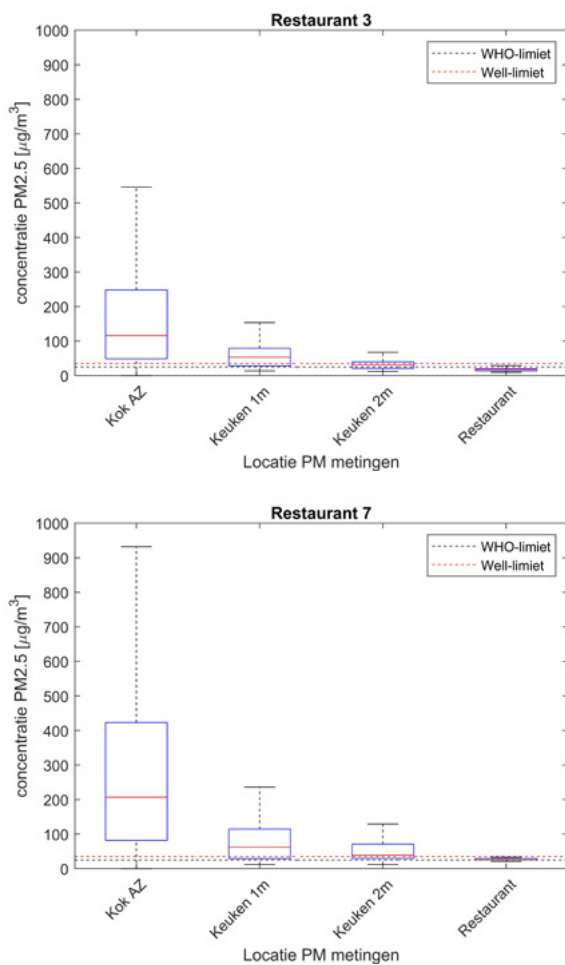
Uit Tabel 4 blijkt dat het grootste probleem in de totale blootstelling van de kok in de pieken zit. Deze dragen over het algemeen in grote mate bij aan de totale PM-inname van de kok. Het is dan ook zinvol om te richten op de pieken bij het zoeken naar verbeteringen. Anders gezegd: een afzuigstelsel kan alleen als echt effectief bestempeld worden als deze zo functioneert dat juist die pieken in de ademzone voorkomen worden. In dit veldonderzoek was het niet mogelijk om de effectiviteit van de toegepaste afzuigkappen verder in detail vast te stellen. Vervolg onderzoek zou zich o.a. daar op moeten richten. Met name omdat juist daar een belangrijke mogelijkheid ligt voor een verbetering van de situatie. Daarnaast zou het gedrag van de kok hoogstwaarschijnlijk geoptimaliseerd kunnen worden om de blootstelling verder te verminderen. Ook dat zou tijdens een vervolgonderzoek nadere aandacht moeten krijgen.



**Figuur 8:** Vergelijking van de blootstelling van de kok [links] en de blootstelling op 1 meter van het fornuis [rechts] in de keukens voor de verschillende onderzochte restaurants. De concentraties zijn weergegeven in boxplots. De rechthoek geeft hierbij de range aan van waarbinnen de middelste 50% van de meetwaarden liggen (25% tot 75%). De horizontale lijn die de rechthoek in tweeën deelt is de mediaan. De foutbalk aan de bovenkant geeft de range weer van de hoogste 75%-95% van de waarden.

Figuur 9: Uitkomsten van de metingen voor restaurant 3 en 7.

De resultaten zijn gepresenteerd in boxplots. BZ = Ademhalingszone.



### Conclusie

De uitkomsten van het (verkennde) veldonderzoek tonen aan dat er een groot risico bestaat dat koks in restaurants dagelijks worden blootgesteld aan fijnstofconcentraties die ver boven de WHO-grenswaarden liggen. De grootste pieken werden waargenomen bij bepaalde kookactiviteiten (bijvoorbeeld bakken van pannenkoeken of het grillen van vlees) en op momenten dat het hoofd van de kok zich tussen pan / grillplaat en afzuigkap bevond. De maaltijden die bereid werden, de kenmerken van het restaurant en het ventilatiesysteem blijken van invloed op het blootstellingsniveau. Vermindering van de piekblootstelling voor de koks is noodzakelijk om de dagelijkse fijnstof inname te verminderen. Dit kan verbeterd worden door de prestaties van de toegepaste afzuigkappen te verbeteren. De resultaten van het laboratoriumonderzoek tonen aan dat dergelijke verbeteringen kunnen worden bereikt met de nieuwe ontwikkelingen (bijv. het toepassen van een luchtdordijn), hoewel ook dit de pieken niet volledig zal

Nr.	Keukentype	Deeltjes dosis [µg/uur]	% van de inname P75-P100	% van de inname P95-P100
1.	Universiteitsrestaurant, Mensa	71	91%	71%
2.	Lunchroom (eieren, soep, broodjes)	68	68%	27%
3.	Italiaans (Pasta, Vis, Vlees)	143	79%	50%
4.	Nederlands (Vlees, salades, frituren, oven)	26	74%	30%
5.	Iers (Hamburgers)	102	42%	12%
6.	Aziatisch (Wok)	-	-	-
7.	Pannenkoeken	181	70%	35%

Tabel 3: Deeltjes dosis van de chef in elk restaurant (gemiddeld per uur). Maximaal toegestane inname per uur, uitgaande van een 24/7 blootstelling aan 25 µg/m<sup>3</sup> is 270 µg.

wegnemen. Daarnaast is er winst te behalen door te richten op het (waar mogelijk) aanpassen van het gedrag van de kok.

De resultaten van het huidige onderzoek gaan hopelijk bijdragen aan een grotere bewustwording van het fijnstofconcentratie probleem en de blootstelling daaraan in grootkeukens. Aangezien de samenstelling van de fijnstofdeeltjes en het blootstellingspatroon (bv. hoge blootstellingspieken) verschillen van fijn stofdeeltjes afkomstig van bronnen buiten (bijvoorbeeld verkeer gerelateerd), lijken specifieke grenswaarden voor de blootstelling aan PM2.5 in keukens wenselijk om mogelijke gezondheidseffecten als gevolg daarvan mee te nemen. Verder onderzoek zou zich moeten richten op zowel het ontwikkelen van adequate grenswaarden en richtlijnen voor deze sector als op oplossingen om de blootstelling te verminderen. Hierbij zal gekeken moeten worden naar de link tussen enerzijds de kwaliteit en capaciteit van afzuigsystemen (i.c.m. de ventilatie in de keuken) en de fijnstof blootstelling anderzijds. Ten slotte dient onderzocht te worden welke mogelijkheden er zijn om het gedrag van koks te beïnvloeden om de blootstelling verder te verminderen.

### Dankwoord

Alle restauranthouders worden hartelijk bedankt voor hun deelname. Jesper Priester (ten tijde van het onderzoek Masterstudent aan de TU Eindhoven) wordt bedankt voor zijn hulp bij de metingen.

### Financiering onderzoek

Het project is gefinancierd door Halton B.V. (Internationaal) en TVVL Impuls

### Referenties

- Feng, S., Gao, D., Liao, F., Zhou, F., & Wang, X. (2016). The health effects of ambient PM2.5 and potential mechanisms. *Ecotoxicology and environmental safety*, 128, 67-74.
- Jacobs, P., Borsboom, W. A., & Kemp, R. E. J. (2016). PM2.5 in Dutch dwellings due to cooking. In *IAQ 2016, Defining Indoor Air Quality: policy, standards and best practices*, ASHRAE and AIVC Conference, 12-14 September 2016, Alexandria, VA, USA.
- Bindu, H. E. S., & Mahalakshmi, R. V. (2013). Indoor air quality in commercial kitchens. *Int J Sci Res (IJSR) ISSN (Online)*, 2319-7064.
- International WELL Building Institute (2015) The WELL Commercial kitchen pilot addendum
- World Health Organization (2005) Air quality guidelines - global update 2005