

# “SMOKE FREE ARCHITECTURE” ROOKSCHEIDING ZONDER MUREN



## DEEL 3 - METINGEN ROOKSCHEIDING

Ben Bronsema en Peter G. Luscuere,  
Raadgevende ingenieurs ONRI, TU Delft - Faculteit  
Bouwkunde

*Het voorliggende deel 3 van het artikel geeft een beschrijving van de uitgevoerde metingen met TRIO en de gerealiseerde scheidingseffectiviteiten.*

### MEETSESSIES ETS 20 JANUARI 2005

Het meetplan omvatte 4 systeeminstellingen, waarbij op 5 posities de concentraties werden gemeten van de vluchtige componenten nicotine, 2,5-dimethylfuraan, en 3-ethenylpyridine alsmede fijn stof met een deeltjesgrootte tussen 0,3 en 1,0  $\mu\text{m}^3$ . (Bollen 2005). Volgens de literatuur zijn dit de relevante merkstoffen voor TRIO (Gids, de 2003). De meetpunten komen overeen met die van de optimalisering – zie figuur 1. Deze meet sessie was opgezet als *real-life* situatie waardoor er in verband met de minimum rapportagegrens van de te meten TRIO componenten een bepaald minimum aantal rokers aanwezig zou moeten zijn. Omdat werd gevreesd dat dit niet het geval zou zijn (deze vrees werd metterdaad bewaarheid), werd het tekort aan actieve rokers opgelost door tijdens de metingen sigaretten te laten smeulen in plankjes, voorzien van 4 gaatjes waarin sigaretten werden gestoken, naar de bedenker hiervan “Staakman plankjes” genoemd; zie figuur 3. Het minimum aantal brandende sigaretten werd hierdoor gegarandeerd.

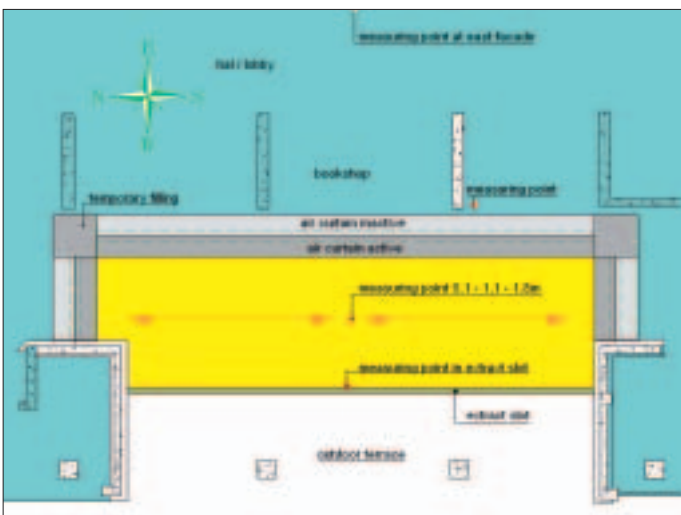
Om 10.00 uur werd begonnen met het installeren van de “Staakmanplankjes” en de apparatuur voor de monsterafname. De metingen begonnen om ca 12.30 uur. De ruimtetem-

peratuur in de hal en in de SfA was gemiddeld ca 20° C. De gemiddelde buitentemperatuur was ca 8° C. De zon liet zich niet zien en de windsnelheid was gemiddeld 13 m/s uit W/WZW richting. De SfA bevond zich dus aan de loefzijde, waardoor er een substantiële infiltratie van buitenlucht kon optreden. Helaas werd te laat opgemerkt dat de kierdichting van de twee buitendeuren, die tijdens de systeemoptimalisatie op 16 januari waren afgeplakt, was verwijderd.

### De metingen

De rooktest werd uitgevoerd met sigaretten van het merk Belinda Filter Kings, voor ca 2/3 kort, en ca 1/3 lang. Dit is een lichte sigaret; volgens opgave op de verpakking hebben deze een nicotinegehalte van resp. 0,6 en 0,8 mg per stuk. Per test, met een tijdsduur van één uur, werden ongeveer 150 Belinda's opgebrand, met een totale nicotine-emissie van  $150 \cdot (2/3 \cdot 0,6 + 1/3 \cdot 0,8) = 100$  mg/h. Hierbij komt de nicotine-emissie van de aanwezige rokers, over de gehele testperiode gemiddeld ca 15. Bij een sigarettenconsumptie van 2 stuks per uur en een gemiddeld nicotinegehalte van 1 mg/sig. is de bijkomende nicotine-emissie ca 30 mg/h. De totale nicotine-emissie gedurende de tests kan hierdoor worden gesteld op ca 130 mg/h. Op basis hiervan werd het theoretisch nicotinegehalte van de afgezogen lucht bepaald bij volledige afvoer via het afzuigstelsel; zie tabel 1. Als wordt uitgegaan van een haalbare scheidingseffectiviteit van 0,95, kan hieruit de theoretische nicotineconcentratie in de hal buiten de SfA worden bepaald; zie tabel 1. De rapportagegrens voor nicotine moet dus dan 1,45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zijn.

4 Respirable Suspended Solid – RSP



Figuur 1: Plattegrond SfA met meetposities (tekening UPWARDS CAD Applicaties)



Figuur 2: Rooktest met Staakmanplankjes

Ventilatiecapaciteit	Nicotineconcentratie SfA - C <sub>i</sub>	Nicotineconcentratie hal - C <sub>e</sub>
4.500 m <sup>3</sup> /h	29 µg/m <sup>3</sup>	1,45 µg/m <sup>3</sup>
3.000 m <sup>3</sup> /h	43 µg/m <sup>3</sup>	2,15 µg/m <sup>3</sup>
1.500 m <sup>3</sup> /h	87 µg/m <sup>3</sup>	4,35 µg/m <sup>3</sup>

Tabel 1: Theoretische nicotineconcentraties

### Metingen vluchtige componenten

De concentratie van vluchtige componenten is bepaald door adsorptie op XAD2-buisjes met een belaadbaarheid van 1 l/m; tijdens de meetperiode van 60 minuten wordt dus 0,06 m<sup>3</sup> aangezogen. De absolute detectiegrens voor de hoeveelheid van een stof die in een buisje is geabsorbeerd,  $m_{min}$  is bij de standaardinstellingen van de gaschromatograaf voor alle drie componenten 1 mg. De detectiegrens voor de concentratie is dus  $1 \mu\text{g}/0,06 \text{ m}^3 = 17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , aanzienlijk hoger dan de noodzakelijke waarde van 1,45 µg/m<sup>3</sup>.

Voor het realiseren van een detectiegrens van bijvoorbeeld 1,0 µg/m<sup>3</sup>, zou een bemonsteringstijd van 17 uur nodig zijn; voor metingen in een praktijksituatie een onmogelijkheid. Zie venster 1.

De onderzoekers hebben zich in een te laat stadium gerealiseerd dat door de standaardinstelling van de gaschromatograaf en de gekozen bemonsteringstijd van 1 uur de detectiegrens veel te hoog zou zijn en hierdoor het bepalen van de scheidingseffectiviteit niet mogelijk. Besloten werd daarom de TRIO metingen in één of andere vorm te herhalen.

De metingen bevestigden overigens wel de gunstige CRE waarden, grootteorde 1,5 – 2,0 die bij de systeemoptimalisering werden gevonden.

## BEPALING VAN TRIO CONCENTRATIES VOLGENS ISO

Kort na de meetsessie van 20 januari 2005 werd bekend dat er internationale normen zijn voor de bepaling van TRIO concentraties, te weten:

- ISO 18144 - Environmental tobacco smoke – Estimation of its contribution to respirable suspended particles – Method based on solanesol (First edition 2003-07-15).
- ISO 18145 – Environmental tobacco smoke – Determination of vapour phase nicotine and 3-ethenylpyridine in air – Gaschromatographic method (First edition 2003-07-15).

TRIO is een aerosol van vluchtige componenten en fijn stof. Het karakter van de twee aerosolfasen brengt met zich mee dat ze zelden goed correleren. Voor een nauwkeurige bepaling van TRIO concentraties in de ruimtelucht zijn van beide fasen goede merkstoffen nodig.

Nicotine en 3-ethenylpyridine (3-EP) zijn veel gebruikte merkstoffen voor de vluchtige componenten van TRIO; beide zijn ze zeer selectief voor tabaksrook. Nicotine is de meest gebruikte, maar allerm minst ideale merkstof, vooral door haar adsorptieve eigenschappen en onvoorspelbare instabiliteit. 3-EP daarentegen is bijzonder representatief

voor TRIO en derhalve in principe een betere merkstof. Ongeveer 95% van de nicotine in TRIO is vluchtig. Onder praktische omstandigheden is de 3-EP concentratie in TRIO ongeveer een derde van de nicotineconcentratie; ze komt uitsluitend in vluchtige vorm voor.

De bepalingsmethode van vluchtige nicotine- en 3-EP concentraties met behulp van gaschromatografie is omschreven in ISO 18145. Volgens deze methode worden TRIO-monsters uit de ruimtelucht genomen waarbij nicotine en 3-EP worden geabsorbeerd in buisjes met een harsachtige vulling. In een laboratorium worden vervolgens de nicotine en 3-EP geëxtraheerd en geanalyseerd.

Als merkstof voor de fijnstoffractie van TRIO wordt solanesol gebruikt; deze deeltjes zijn specifiek voor TRIO. De verhouding tussen solanesol en de totale fijnstoffractie in TRIO is constant bij verschillende ventilatiecapaciteiten en bemonsteringsperiodes.

De bepalingsmethode van solanesol is omschreven in ISO 18144. Luchtmonsters worden aangezogen via een cycloon, die stofdeeltjes < 4,0 µm separeert van de totale stoffractie. Het monster wordt aansluitend over een filtercassette gevoerd, geëxtraheerd met methanol en geanalyseerd in een gaschromatograaf.

### Rapportage- en detectiegrenzen volgens iso

Met betrekking tot de rapportage- en detectiegrenzen wordt in ISO 18145 het volgende gesteld:

“The method specified in this international Standard allows

Detectiegrens nicotine	1,0 µg/m <sup>3</sup>
Aanzuigdebiet (V)	1,0 l/min
Min. concentratieniveau in de ruimte	1,0 µg/m <sup>3</sup>
Vereist bemonsterd volume	1,0 µg / 1,0 µg/m <sup>3</sup> = 1 m <sup>3</sup>
Minimum monsterafnameduur	1*10 <sup>3</sup> l / 1,0 l/min = 1.000 minuten '17 uur.
<b>Omgekeerd:</b>	
Monsterafnameduur	1 uur
Detectiegrens nicotine	17 µg/m <sup>3</sup>

Venster 1: Detectiegrenzen en monsterafnameduur

the estimation with the following lower limits of nicotine and 3-EP concentration. At a sampling rate of 1,0 l/min, the limits of detection (LOD) and quantification (LOQ) are as follows:

a) for nicotine

- 0,17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (LOD) and 0,56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (LOQ) for a 1 h sampling period, and
- 0,02  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (LOD) and 0,07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (LOQ) for a 8 h sampling period

b) for 3-EP

- 0,08  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (LOD) and 0,28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (LOQ) for a 1 h sampling period, and
- 0,01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (LOD) and 0,03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (LOQ) for a 8 h sampling period

Both LOD and LOQ can be reduced by increasing the sensitivity of the thermionic-specific detector".

De instelling van de gaschromatograaf moet hierbij dus aanzienlijk worden verlaagd ten opzichte van de standaardinstelling van 1  $\mu\text{g}$ . De metingen van 20 januari 2005 zouden dan zeker betrouwbare resultaten hebben opgeleverd.

Aan de externe bureaus die de metingen uitvoerden is de vraag voorgelegd of men aan de rapportagegrenzen volgens ISO zou kunnen voldoen. Zij hebben aangegeven dat deze onder laboratoriumomstandigheden wellicht haalbaar zou zijn, maar bij praktijkmetingen nauwelijks of niet. De niveaus zijn zo laag dat de signaal-ruisverhouding in de chromatogrammen een beperkende factor wordt. Dit betekent dat vanaf een bepaalde grens het rapporteren van de concentraties een twijfelachtige zaak wordt. Desondanks werd besloten de nieuwe TRIO metingen conform de ISO normen uit te voeren met een bemonsteringstijd van 1 uur; zie tabel 2.

werd gebruikt, en de rook die hierbij soms in de hal werd verspreid bij de metingen met uitgeschakelde ventilatie en luchtgordijnen. Daarom werd besloten de laatste meetsessie uit te voeren met echte rokers in de reële situatie van een doordeweekse dag. Hiervoor was uiteraard wel een bepaald minimum aantal rokers nodig.

Er is daarom een analyse gemaakt van het benodigd aantal in de SfA te roken sigaretten om er voor te zorgen dat de buiten de SfA te meten concentraties  $C_e$  boven de rapportagegrens, resp. de detectiegrens blijven. Alleen in dat geval zal een betrouwbare scheidingseffectiviteit kunnen worden bepaald. Uit deze analyse konden de volgende conclusies worden getrokken:

- Een scheidingseffectiviteit  $> 0,95$  zal niet kunnen worden gehaald, tenzij de Staakmanplankjes weer worden ingezet.
- Een scheidingseffectiviteit in de orde van 0,95 lijkt met een normale bezetting redelijk haalbaar te zijn. De meting bij 3.000  $\text{m}^3/\text{h}$  uit te voeren in de drukste periode, dus tijdens de lunchpauze.
- Het aantal rokers en gerookte sigaretten moet worden geteld. Bij een dreigende kritieke onderschrijding (a) de bemonsteringstijd te verlengen of (b) beperkte inzet van de Staakmanplankjes of (c) genoeg te nemen met meetresultaten onder de rapportagegrens.

Het aantal in de SfA per uur te roken sigaretten is aangegeven in tabel 3. Als de gemiddelde bezoeker 0,5 uur in de SfA verblijft en daar 1 sigaret rookt is het aantal benodigde bezoekers de helft van het aantal te roken sigaretten.

## MEETSESSIE 12 APRIL 2005

### ETS concentratie en ventilatie

De metingen van 20 januari 2005 hebben in de faculteit bij sommigen ongenoegen opgewekt door de grote hoeveelheid sigaretten die hierbij met behulp van de Staakmanplankjes

Tracer>	Nicotine	3-EP	Solanesol
Detectiegrens (LOD) - $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,17	0,08	0,042
Rapportagegrens (LOQ)- $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,56	0,28	0,139

Tabel 2: Detectie- en rapportagegrenzen

### Scheidingseffectiviteit referentie-rookruimte

Om de prestatie van de SfA te kunnen vergelijken met een afgesloten rookruimte conform de Tabakswet is een hiervoor geschikte ruimte beschikbaar gesteld. Er is verder een analyse gemaakt van de eisen waaraan een dergelijke rookruimte moet voldoen en van de omstandigheden waarvan voor de metingen moet worden uitgegaan.

- Isotherme omstandigheden; luchttemperatuur in en buiten de kamer gelijk.
- Het verbranden van 24 sigaretten in één uur met behulp van 4 Staakmanplankjes met elk één sigaret, verdeeld over de kamer;
- Per sigaret de deur twee keer voor 8 sec. openen en sluiten – totaal 24 keer oftewel om de 2,5 minuut;
- Bepaling van de concentraties  $C_i$  en de  $C_e$ ; metingen middelen over de hoogte.

Ventilatiecapaciteit	Aantal in de SfA per uur te roken sigaretten	
	LOD - $C_e \geq 0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$	LOQ - $C_e \geq 0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$
3.000 $\text{m}^3/\text{h}$	44	15
1.500 $\text{m}^3/\text{h}$	28	9

Tabel 3: Normatief aantal te roken sigaretten per uur

Test nr.	Vent. cap. m <sup>3</sup> /h	In asbakken	Op vloer ca	Totaal	Eis C <sub>e</sub> ≥ 0,56 µg/m <sup>3</sup>
1	1.500	52	13	65	28
3	3.000	68	17	85	44

Tabel 4: Gerookte sigaretten per meetsessie

### Vragenformulier

Aan alle bezoekers van de Sfa werd een vragenformulier uitgereikt waarop hen werd verzocht hun tijd van aankomst en vertrek aan te geven, alsmede het aantal door hen gerookte sigaretten. De respons hierop was ongeveer 85%.

### Bezetting Sfa

Het aantal bezoekers van de Sfa was gedurende de dag zeer wisselend. Op basis van de vragenformulieren, gecorrigeerd met de responsfactor van 85%, werd een bezetting geregistreerd als aangegeven in figuur 3.

Op basis van de ingevulde vragenformulieren is tevens vastgesteld hoe lang bezoekers in de rookruimte Sfa verblijven. Voor 69% van de bezoekers duurt het bezoek een kwartier of korter. Voor 96% duurt het bezoek een half uur of korter. Er zijn slechts 3 “plakkers” geregistreerd die langer dan 60 minuten zijn gebleven en daarbij samen 21 sigaretten hebben gerookt.

### Aantal gerookte sigaretten

Het aantal gerookte sigaretten is op twee manieren geregistreerd, (a) via tellingen van het aantal peuken en (b) via de vragenformulieren.

Vòòr elke meetsessie werden de asbakken geleidigd en nà de sessie werd het aantal peuken geteld. Vastgesteld werd dat veel studenten hun peuk niet in de asbakken deponeerden maar op de vloer. Ook werden peuken aangetroffen in de

koffiebekertjes, vaak nog gedeeltelijk gevuld met koffie, hetgeen de tellingen bemoeilijkte.

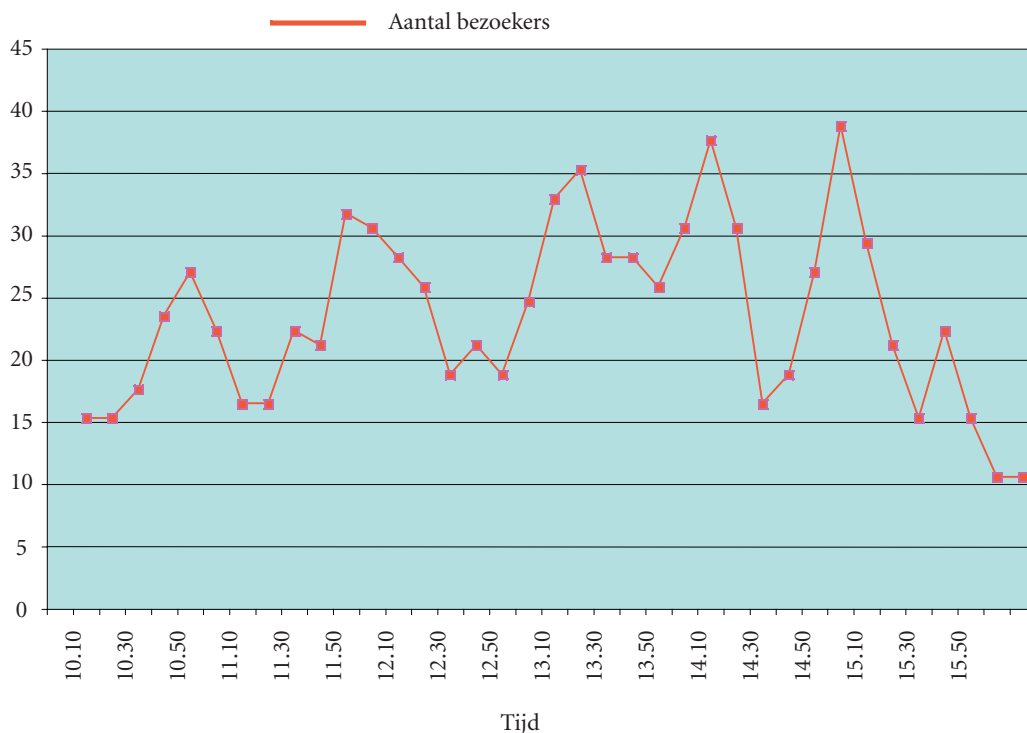
Tijdens de 4 meetsessies werden totaal 244 peuken in de asbakken geteld. Op de vloer en in de koffiebekertjes werden 60 peuken aangetroffen, waardoor het totaal aantal gerookte sigaretten kan worden vastgesteld op 304. Het via de vragenformulieren geregistreerde aantal sigaretten bedroeg 259. De respons op de vragenformulieren werd aldus bepaald op  $(100 \cdot 259 / 304 =)$  85%.

Het volgens het testprogramma benodigde aantal per meetsessie gerookte sigaretten is ruimschoots gehaald; zie tabel 4.

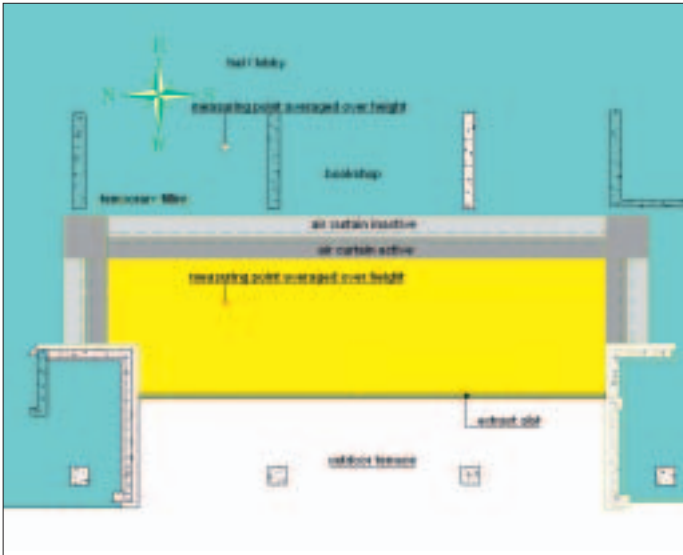
### De metingen

Om 11.15 uur, een half uur later dan gepland, werd begonnen met meetsessie 1. Omdat er voor die tijd al ruim gebruik werd gemaakt van de Sfa werden voorafgaand hieraan gedurende 10 minuten de buitendeuren geheel geopend om de hal enigszins schoon te spoelen.

De gemiddelde buitentemperatuur was ca 10<sup>0</sup> C. In de ochtenduren was het bewolkt, maar na de middag scheen de zon. De gemiddelde windsnelheid was ca 3 m/s uit Westelijke richting, en mede door de afgeplakte buitendeuren kan infiltratie van buitenlucht geen rol van betekenis hebben gespeeld. De ruimtetemperatuur in en buiten de Sfa werd continue geregistreerd; het bleek dat deze redelijk gelijk waren. Slechts in de middag steeg de temperatuur in de Sfa



Figuur 3: Bezetting Sfa op 12-04-2005



**Figuur 4:** Plattegrond SfA met meetposities (tekening UPWARDS CAD Applicaties)

licht, hetgeen kan worden toegeschreven aan zoninstraling. Door de grotendeels mislukte meetsessie van 20 januari 2005 was het budgettair niet meer mogelijk dergelijke omvangrijke metingen te herhalen. Besloten werd 2 meetpunten te kiezen waarbij door het op en neer bewegen van de monsterpompjes een gemiddelde concentratie over de hoogte zou worden gemeten. Hierbij werd dus afgezien van een hernieuwde bepaling van de contaminant removal efficiency CRE, die reeds bij de optimalisering en de meetsessie van 20 januari 2005 werd vastgesteld. Zie figuur 4.

#### Meetresultaten

De meetresultaten en de daaruit berekende scheidingseffectiviteiten zijn aangegeven in tabel 5.

nummer	afzuig m <sup>3</sup> /h	V m/s	concentraties	nicotine µg/m <sup>3</sup>	3-EP µg/m <sup>3</sup>	solanesol µg/m <sup>3</sup>
0	referentiemeting (referentie rookruimte)		C <sub>i</sub> C <sub>e</sub> η <sub>s</sub>	101,68 <0,33 '1,0	33,05 <0,33 '1,0	6,67 <0,32 >0,95
1	1.500	0,7	C <sub>i</sub> C <sub>e</sub> η <sub>s</sub>	0,61 <0,32 >0,48	<0,32 <0,32 #	4,53 3,05 0,33
2	0,0	0,7	C <sub>i</sub> C <sub>e</sub> η <sub>s</sub>	2,16 2,16 0	<0,32 <0,33 #	3,03 2,08 0,31
3	3.000	0,7	C <sub>i</sub> C <sub>e</sub> η <sub>s</sub>	5,72 0,61 0,89	<0,32 <0,33 #	2,24 <0,32 >0,86
4	1.500	0,0	C <sub>i</sub> C <sub>e</sub> η <sub>s</sub>	<0,32 <0,33 #	<0,32 <0,33 #	2,19 <0,32 >0,85

**Tabel 5:** Meetresultaten en scheidingseffectiviteit (1-C<sub>e</sub>/C<sub>i</sub>)



**Figuur 5:** ETS metingen 12 april 2005

Belangrijke conclusies zijn:

- De rapportagegrenzen voor de drie tracers volgens ISO zijn voor nicotine ruimschoots, voor 3-EP bijna, en voor solanesol niet gerealiseerd. Zie tabel 6.
- Meetsessie nr. 0: De SfA installatie kan voor wat betreft de scheidingseffectiviteit niet concurreren met de referentie-rookruimte. Zie meetsessie 0 versus 1 en 3.
- Meetsessie 1: Bij een afzuigdebiet van 1.500 m<sup>3</sup>/h is de scheidingseffectiviteit met waarden van >0,48 (nicotine) en 0,33 (solanesol) onvoldoende. De nicotinemeting stemt goed overeen met de analytisch berekende waarde van 0,42. Zie deel 2 van dit artikel.
- Meetsessie 2: Het effect van een luchtgordijn sec zonder afzuig is gering. Onbegrijpelijk is de lage meetwaarde

Tracer>		Nicotine	3-EP	Solanesol
Detectiegrens - $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ISO	0,17	0,08	0,042
Rapportagegrens - $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ISO	0,56	0,28	0,139
Rapportagegrens - $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SfA	0,32	0,32	0,32

Tabel 6: Gewenste en bereikte rapportagegrenzen

voor 3-EP ( $<0,32$ ). Normaliter ligt deze op 1/3 van de nicotineconcentratie; er zou dus een  $C_i$  waarde van rond 0,7 gemeten moeten zijn. De resultaten van deze meet-sessie zijn verder niet in beschouwing genomen.

- Meetsessie 3: Bij een afzuigdebiet van 3.000  $\text{m}^3/\text{h}$  is de scheidingseffectiviteit met waarden van 0,89 (nicotine) en  $>0,86$  (solanesol) heel redelijk. De nicotinemeting stemt zeer goed overeen met de analytisch berekende waarde van 0,89. Zie deel 2 van dit artikel.
- Meetsessie 4: De lage  $C_i$  meetwaarden van nicotine en solanesol ( $<0,32$ ) zijn niet te verklaren. Het effect van afzuiging zonder luchtgordijn zou op basis van de solanesol metingen iets beter zijn dan het effect van luchtgordijn zonder afzuiging; zie meetsessie 2. De resultaten van deze meetsessie zijn verder niet in beschouwing genomen.

#### Discussie

De gemiddelde theoretische nicotineconcentratie in de rookruimte SfA is in meetsessie 1 met 65 gerookte sigaretten:  $C_i = 65 \cdot 0,9 \cdot 10^3 / 1500 = 39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In meetsessie 3 met 85 gerookte sigaretten  $C_i = 85 \cdot 0,9 \cdot 10^3 / 3000 = 25,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De verschillen met de gemeten waarden zijn zeer, en onverklaarbaar groot, ook in vergelijking met de TRIO metingen van 20 januari 2005, waarbij veel kleinere verschillen werden vastgesteld. Mogelijke verklaringen hiervoor zouden kunnen zijn:

- De positie van de meetpunten: Op 20 januari dichterbij de gevel en gemiddeld over de lengte van de rookruimte SfA. Op 12 april dichterbij het luchtgordijn (niet ter plaatse van de afzuig) en slechts op één breedtepositie.
- Een beter dan verwachte *contaminant removal effectiveness* van het luchttechnische systeem, waardoor ter plaatse van de monstername de ETS concentraties lager zijn geweest dan gemiddeld te verwachten zou zijn.

Positieve punten zijn de lage waarden van de TRIO concentraties in de rookruimte SfA en de hoge scheidingscoëfficiënt bij de afzuigcapaciteit van 3.000  $\text{m}^3/\text{h}$ . De gemeten nicotineconcentratie buiten de rookruimte SfA van 0,61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ligt ruim onder de tot voor kort<sup>5</sup> in Noorwegen geldende eis van 1,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en slechts weinig boven de in Finland geldende eis van 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Op basis hiervan kan worden gesteld dat het experiment redelijk geslaagd is.

#### Samenvatting belangrijkste resultaten

Eén van de belangrijkste gegevens is de te bereiken scheidingseffectiviteit  $\eta_s$  van een luchtgordijn. Tabel 7 geeft een overzicht van de gemeten en de berekende waarden van  $\eta_s$  bij de twee afzuigdebieten waarmee de metingen zijn uitgevoerd. Geconcludeerd kan worden dat de theorie goed door de metingen wordt bevestigd. Zie ook deel 2.

#### EINDCONCLUSIES

1. Isotherme recirculerende luchtgordijnen kunnen in combinatie met afzuiging een rookzone effectief scheiden van een rookvrije zone.
2. Het luchtgordijn moet de lucht aanzuigen vanuit de rookzone.
3. De inblaassnelheid moet zo laag mogelijk zijn, ca 0,7 m/s bij een hoogte van 3 m bij een luchtverplaatsing van 250  $\text{m}^3/\text{m.h}$ . De berekende impuls waarde hierbij is ca 0,06 N ( $\text{kg.m}/\text{s}^2$ ).
4. Het uit de rookzone af te zuigen ventilatiedebiet moet minimaal gelijk zijn aan de luchtverplaatsing van het luchtgordijn. Een toeslag van ca 10% wordt aanbevolen.
- 5 Totdat een totaal rookverbod in de horeca van kracht werd.
- 6  $p = Q_{\text{afzuig}} / Q_0$  – Zie deel 2

Afzuigdebiet $\text{m}^3/\text{h}$	$V_0$ m/s	Concentratie $\text{mg}/\text{m}^3$	Nicotine $\text{mg}/\text{m}^3$	3-EP $\text{mg}/\text{m}^3$	Solanesol $\text{mg}/\text{m}^3$
1.500 ( $p=0,34$ ) <sup>6</sup>	0,7	$C_i$	0,61	$<0,32$	4,53
		$C_e$	$<0,32$	$<0,32$	3,05
		$\mu_s$ -gemeten	$>0,48$	#	0,33
		$\mu_s$ -berekend	0,37.....0,43		
3.000 ( $p=0,69$ )	0,7	$C_i$	5,72	$<0,32$	2,24
		$C_e$	0,61	$<0,32$	$<0,32$
		$\mu_s$ -gemeten	0,89	#	$>0,86$
		$\mu_s$ -berekend	0,85.....0,89		

Tabel 7: Scheidingseffectiviteit – berekend en gemeten

5. Het ontwikkelde theoretische model dat aan deze stelling ten grondslag ligt lijkt voldoende betrouwbaar.
6. Luchtgordijnen verbeteren de ventilatie-effectiviteit in de rookzone. De metingen in de SfA leverden een CRE (Contaminant Removal Effectiveness) op  $> 1,5$ .
7. De werking van recirculerende luchtgordijnen kan worden verbeterd door de inbouw van een *air cleaner*. Deze optie kan nuttig zijn ter beperking van het afzuigdebiet bij een grote lengte van de afscheiding.

## EPILOOG

---

Tijdens de gehele testperiode is er vanuit de faculteit Bouwkunde veel oppositie tegen het SfA project geweest. Enerzijds kwam deze van verstokte niet-rokers die het onzin vonden dat de faculteit hier geld en energie in stak. Anderzijds vond een belangrijk deel van de Bouwkunde gemeenschap, inclusief regelmatige gebruikers van de SfA, de luchtgordijnen lelijk en niet passend in het door de befaamde architect v.d. Broek ontworpen faculteitsgebouw. Slechts door de nadruk die steeds gelegd is op het wetenschappelijk karakter kon het onderzoek worden uitgevoerd.

Het eerste halfjaar van 2005 heeft de SfA naar tevredenheid als rookruimte gefunctioneerd. Na een inspectie door de VWA<sup>7</sup> heeft de faculteit onvoldoende redenen gezien om op basis van een gelijkwaardigheidverklaring het gebruik van de SfA te continueren. De decaan heeft daarom opdracht gegeven de SfA voorzieningen te ontmantelen en in het gebouw een totaal rookverbod ingesteld. Een speciale afsluitbare rookserre aan het gebouw<sup>8</sup>, voorzien van een bijzonder en energieneutraal ventilatiesysteem wordt in februari 2006 in gebruik genomen. De prestaties van deze ruimte in termen van scheidings- en ventilatie-effectiviteit worden in het vroege voorjaar gemeten.

Voor wat betreft *Smoke free Architecture* is het wachten nu op een zorginstelling of een horeca gelegenheid die het initiatief

neemt een “*rookscheiding zonder muren*” te installeren, te testen en hiervoor een gelijkwaardigheidverklaring voor de tabakswet op te laten stellen.

## REFERENTIES

---

- Bollen, A.M. 2005. Metingen Luchtgordijn Biddle bv, Kootstertille. BRCC bv, Groningen. Rapport nr. Cb04-016.r01.c02. info@brcc.nl
- Gids, W.F.de en Opperhuizen, A. 2003. Reductie van blootstelling aan omgevingstabaksrook in de horeca door ventilatie en luchtreiniging. RIVM rapport in opdracht van het ministerie van WVC.

## COLOFON

---

- Smoke free Architecture is een gezamenlijk onderzoeksproject van:  
 TU Delft Faculteit Bouwkunde: Bouwkundige voorzieningen, Ontwerp, Projectleiding en Rapportage  
 BRCC- Groningen (RU Groningen): Metingen  
 Biddle bv - Kootstertille: Luchtgordijnen  
 Koninklijke Verhulst Luchtbehandeling BV - Waalwijk: Afzuiginstallatie

*Het project is gefinancierd door het Samenwerkingsverband Noord-Nederland via de Noordelijke Innovatie Ondersteunings Faciliteit 2000 -SNN-NIOF- (apparatuur en metingen) en de Technische Universiteit Delft (bouwkundige voorzieningen, ontwerp, projectleiding en rapportage).*

*Reacties: bronconsult@planet.nl*

<sup>7</sup> Voedsel en Waren Autoriteit

<sup>8</sup> Ontwerp Mick Eekhout (Octatube) – Ontwerp ventilatiesysteem Ben Bronsema