



Briefrapport 609011001/2008

N.J.C. van Belle | E.M. van Putten | A.C. de Groot

Brandtest stoeltjes Euroborg

Briefrapport 609011001/2008

Openbaar

Brandtest stoeltjes Euroborg

N.J.C. van Belle

Contact:

N.J.C. van Belle

Centrum Inspectie-, Milieu en Gezondheidsadvisering (IMG)

jurgen.van.belle@rivm.nl

Datum: 7 oktober 2008

Versie: 1.0

IMG-vraagnummer: 3255

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de RIVM Directie, in het kader van project E/609011/01/AA Brandtest stoeltjes Euroborg.

© RIVM 2008

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Tijdens de tribunebrand in het Euroborgstadion in Groningen op 13 april 2008 zijn hoogstwaarschijnlijk stikstofoxiden, vluchtige organische componenten, aldehyden en ketonen vrijgekomen. In lichte mate is blauwzuur gevormd. De gezondheidseffecten op langere termijn zijn niet goed te voorspellen, omdat informatie over de duur van de blootstelling ontbreekt. Op basis van de hoeveelheden die zijn gemeten, zal deze blootstelling naar verwachting niet schadelijk zijn voor de gezondheid. Dit blijkt uit onderzoek van het RIVM naar stoffen die vrijkomen als stadionstoeltjes verbranden.

Voor het onderzoek is een aantal van de overgebleven stadionstoelen, in combinatie met de hoeveelheid toilettrollen die op dat moment aanwezig waren, verbrand. Vanwege een beoogde 'sfeeractie' waren voor de wedstrijd tussen FC Groningen en Ajax per stoel negen rollen toiletpapier geplaatst. De samenstelling van de rook is onderzocht. De genoemde stoffen komen doorgaans vrij bij brand.

Trefwoorden: voetbalstadion; brandemissies; luchtkwaliteit; gezondheidsrisico's

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
2 Werkwijze	7
2.1 Opzet onderzoek	7
2.2 Samenstelling stoeltjes	7
2.3 Potentiële emissies	7
2.4 Opzet bemonstering en analyse	8
2.5 Brandsimulatie	8
3 Resultaten	10
3.1 Stikstofoxiden (NO en NO ₂)	10
3.2 Koolmonoxide (CO)	10
3.3 Blauwzuur (HCN)	10
3.4 Ammoniak (NH ₃)	11
3.5 Formaldehyde (CH ₂ O) en andere aldehyden en ketonen	11
3.6 Vluchtige organische componenten (VOC)	12
3.7 Stof en anorganische stofgebonden componenten	13
3.8 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	14
4 Discussie	16
4.1 Koolmonoxide	16
4.2 Stikstofhoudende verbindingen	16
4.3 Vluchtige organische componenten, aldehyden en ketonen	16
4.4 Stof en stofgebonden organische componenten	16
5 Conclusies	18
Bijlage 1. NO_x verloop	19
Bijlage 2. Verloop in de tijd van verschillende componenten	22

Samenvatting

Bij een brand in voetbalstadion de Euroborg zijn een groot aantal stoeltjes verbrand. Tijdens de brand zijn aanwezige burgers blootgesteld aan de emissies van de brandende stoeltjes. In dit onderzoek is onderzocht welke stoffen vrijkomen bij verbranding van de stoeltjes en welke stoffen het meeste risico voor de gezondheid met zich meebrengen. Op basis van de metingen kan geconstateerd worden dat blootstelling aan stikstofoxiden het hoogste gezondheidsrisico oplevert. Omdat niet bekend is wat de immissie geweest is kan niet bepaald worden of blootgestelden daadwerkelijk een gezondheidsrelevante blootstelling gehad hebben en of eventuele klachten toegeschreven kunnen worden aan de blootstelling.

1 Inleiding

Bij een brand in het stadion De Euroborg in Groningen zijn in korte tijd 70 stoeltjes verbrand. Daarnaast vertoonden nog 465 stoeltjes brandschade. De brand was ontstaan doordat een grote hoeveelheid toilet papier en wat hout en katoen afkomstig van spandoeken op de stoeltjes in brand gestoken was. De brand ging gepaard met veel rookontwikkeling die de supporters op de tribune sterk hinderde. Het auditteam Voetbalvandalisme, onder leiding van Margo Vliegthart, is na afloop van de brand een onderzoek gestart. Eén van de facetten van dit onderzoek was een brandtest waarbij gekeken werd wat en hoeveel er vrij komt bij een brand van dit type. Dit onderdeel van het onderzoek is belegd bij Efectis Nederland BV voor de brandproef en bij het RIVM voor analyse van de geëmitteerde gassen.

Op 26 juni 2008 heeft een brandproef plaatsgevonden waar in 4 aparte experimenten stoeltjes verbrand zijn en metingen in het afgas plaatsgevonden hebben. De resultaten van deze experimenten worden in dit rapport beschreven.

2 Werkwijze

2.1 Opzet onderzoek

Het onderzoek is als volgt opgezet:

- Vooraf is op basis van informatie verstrekt door de opdrachtgever, op basis van literatuuronderzoek en op basis van enkele indicatieve metingen bepaald welke stoffen eventueel vrij zouden kunnen komen bij de brandproef.
- Vervolgens is een inschatting gemaakt welke van deze stoffen toxicologisch relevant zouden kunnen zijn.
- Voor de geselecteerde stoffen is een bemonstering- en analysemethode geselecteerd of ontwikkeld.
- Tijdens de daadwerkelijke brandproef zijn bemonsteringen en metingen uitgevoerd.
- Na afloop zijn de verzamelde monsters geanalyseerd op de vooraf geselecteerde stoffen en stofgroepen.
- Op basis van de gemeten concentraties is een bronterm afgeleid; deze bronterm is een indicatie van de hoeveelheid van elke stof die bij het verbranden van één stoeltje wordt geëmitteerd.
- Tenslotte is op basis van de verschillende brontermen bepaald welke stof waarschijnlijk toxicologisch het meest relevant is.

2.2 Samenstelling stoeltjes

De stoeltjes zijn gemaakt van groen polyamide en staal. Het polyamide is met röntgenfluorescentie (XRF) gescreend om een indicatie van de elementsamenstelling te krijgen. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat het polyamide vrijwel uitsluitend uit kunststof bestaat; het enige element dat verder aanwezig is, is het element bismut. Bismut is weliswaar een zwaar metaal maar wordt algemeen beschouwd als niet giftig. De reden voor de aanwezigheid van het bismut is niet bekend. Het kan gebruikt zijn als katalysator tijdens de polymerisatie maar het kan ook deel uit maken van de stof die de groene kleur veroorzaakt.

2.3 Potentiële emissies

Brandend polyamide kan aanleiding geven tot vorming van een aantal verschillende stoffen. De meeste stoffen worden ook gevonden bij verbranding van organisch materiaal zoals hout. Het gaat hierbij om kooldioxide en koolmonoxide, roet met daarin polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), onverzadigde koolwaterstoffen (aromaten), deels geoxideerde organische verbindingen (aldehyden en ketonen) en water. Daarnaast zal het aanwezige stikstof in polyamide aanleiding geven tot de vorming van stikstofoxiden en bij onvolledige verbranding tot de vorming van blauwzuur en ammoniak. Afhankelijk van de omstandigheden (onder andere de temperatuur) kan het aanwezige bismut wel of niet oxideren en in het afgas meekomen.

2.4 Opzet bemonstering en analyse

Er wordt zoveel mogelijk data online te verzameld. Dit betekent dat deze metingen direct uitgevoerd werden en het concentratieverloop in de tijd gevolgd kon worden. Dit was kwantitatief mogelijk voor de volgende componenten:

- Stikstofoxiden (NO en NO₂)
- Kooldioxide (CO₂) en koolmonoxide (CO)

Kwalitatief konden ook de volgende componenten bepaald worden:

- Blauwzuur (HCN)
- Ammoniak (NH₃)
- Formaldehyde

De overige componenten (zie hieronder) moesten tijdgemiddeld bemonsterd en apart geanalyseerd worden

- Roet (stof) in verschillende fracties (grof stof, PM10¹, PM2,5²) en totaal stof.
- HCN
- NH₃
- Vluchtige organische componenten (VOC)
- Aldehyden en ketonen
- Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's)

De bemonsteringen werden, met uitzondering van de totaal stof bemonstering, uitgevoerd in de pijp waardoor het afgas afgezogen werd. De bemonstering vond plaats op circa 4 meter afstand van het begin van de pijp. De pijp was hier aangesloten op een afzuigkap van 3 bij 3 meter waaronder de brandsimulatie plaats vond. Het debiet in de pijp was 1,5 m³ per seconde. Omdat de pijp een doorsnede van 40 cm heeft is het verschil tussen het tijdstip van betreden van de pijp en het moment meting te verwaarlozen (maximaal enkele seconden).

De totaal stof bemonstering vond direct boven de brandende stoeltjes plaats. Bij de berekeningen is als uitgangspunt genomen dat al het afgas van de brandende stoeltjes via de afzuigkap en de pijp naar buiten geleid werd. Omdat dit in werkelijkheid niet helemaal het geval is zijn de berekende waarden een onderschatting van de feitelijke concentraties. Visueel kon echter tijdens de brandtesten vastgesteld worden dat de bulk van het afgas de ruimte via de pijp verliet.

De verzamelde monsters zijn na afloop op het RIVM geanalyseerd of, bij afwezigheid van een gevalideerde methode, bij Al-West (onderdeel van TAUW).

2.5 Brandsimulatie

Tijdens de brandtests, die volledig onder verantwoording van Efectis B.V. uitgevoerd zijn, zijn tijdens vier experimenten stoeltjes in brand gestoken. Bij de eerste twee experimenten betrof het twee maal één stoeltje dat met behulp van toiletpapier, hout en textiel (katoen) in brand gestoken werd. Tijdens het eerste experiment lukte het niet om het stoeltje goed in brand te krijgen. Bij het tweede experiment lukte dit wel door de vuurlast te verhogen. De derde en vierde experimenten werden uitgevoerd met twee maal negen stoeltjes, die in een drie bij drie opstelling zoals die ook op de tribune bestaat (trapvorm), verbrand werden. Het derde experiment leek visueel sterk op de brand zoals die in de Euroborg plaats vond. Bij het vierde experiment was de vuurlast zo hoog dat de brand feller werd dan de brand in de Euroborg. Bij alle incidenten werd gebruik gemaakt van enkele latten hout per stoel, één theedoek of handdoek per stoel en negen rollen (één kilogram) toiletpapier per stoel. De vuurlast werd

¹ PM10. Stof met een aerodynamische diameter van 10 µm of kleiner. Deze stoffractie komt voorbij de neus slijmvliezen.

² PM2,5. Stof met een aerodynamische diameter van 2,5 µm of kleiner. Deze fractie komt tot in de longblaasjes.

beïnvloed door de toiletrollen verder of minder ver af te rollen. Tijdens de branden waren een aantal fasen waar te nemen. In de eerste fase was vooral sprake van vuur in het papier en het hout. Hierbij kwamen aanzienlijke hoeveelheden (grof) stof vrij. Vervolgens begon de kunststof van de stoeltjes te smelten en ontstonden plasbranden. De plasbranden leken minder grof stof op te leveren. Uiteindelijk veranderde de grote brand in een aantal kleinere waarna geblust werd.

3 Resultaten

3.1 Stikstofoxiden (NO en NO₂)

Tijdens de experimenten wordt vrijwel uitsluitend NO geëmitteerd. Dit is een normaal beeld bij verbranding; de NO wordt in de atmosfeer onder invloed van lucht en licht omgezet in NO₂. De gevonden emissie per stoeltje staat weergegeven in tabel 1. Overigens moet opgemerkt worden dat tijdens experiment 4 de emissie NO gedurende circa 2 minuten het meetbereik van het meetapparaat overschreed. Voor deze tijd is de maximale emissie meegenomen in de berekening. De feitelijke emissie kan bij deze meting dus hoger zijn geweest dan hier gerapporteerd.

Tabel 1. NO_x opbrengst

	g/experiment	g/stoel
exp1	4	4
exp2	173	173
exp3	532	59
exp4	755	84

De emissie is sterk afhankelijk van de fase waarin de brand zich bevindt. Voor een verloop van de concentraties wordt verwezen naar Bijlage 1. In de vijfde grafiek zijn alle metingen (minuutgemiddeld) samengebracht in één figuur.

3.2 Koolmonoxide (CO)

Zoals te verwachten, was de concentratie koolmonoxide die tijdens het branden geëmitteerd werd hoog. De gemeten maximale concentratie voor CO was circa 125 ppm (ca. 145 mg m⁻³). Deze concentratie werd tijdens experiment 3 kort (enkele minuten) bereikt en zakte snel weer met het doven van de vlammen. De totale piek duurde bij dit experiment circa 10 minuten. Doordat CO uitsluitend online gemeten is, is het lastig om voor deze stof een bronterm af te leiden.

3.3 Blauwzuur (HCN)

Bij het verbranden van de stoeltjes werd HCN geëmitteerd, maar de emissies waren laag in vergelijking met de emissie van NO_x. De tijdens de experimenten gemeten gemiddelde concentraties HCN staan weergegeven in tabel 2. Opvallend is dat er, in tegenstelling tot de situatie bij NO_x, weinig relatie zit tussen het aantal stoeltjes en de gemeten emissie. Daarom is de emissie ook niet per stoeltje uitgedrukt. Wel is goed zichtbaar dat de geëmitteerde hoeveelheid een grote relatie heeft met de brandomstandigheden.

Tabel 2. Geëmitteerd blauwzuur in gram per experiment

	Emissie (gram)
Experiment 1	0,1
Experiment 2	4,4
Experiment 3	0,9
Experiment 4	7,7

3.4 Ammoniak (NH₃)

De gemeten gemiddelde emissie van ammoniak is nog lager dan de emissie van blauwzuur. Er lijkt bij ammoniak zowel een relatie met het aantal stoeltjes als met de brandomstandigheden. Door de relatief hoge detectiegrens en de lage emissie is het echter niet goed mogelijk om sluitende conclusies te trekken uit de emissiegegevens anders dan de conclusie dat de emissie van ammoniak niet de gezondheidkundig meest relevante zal zijn. Door de hoge detectiegrens was het niet zinvol om de emissie per stoeltje te berekenen. De totale emissie per experiment staat weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. Ammoniak emissie in gram per experiment

	Totale emissie (gram)
Experiment 1	<0,7
Experiment 2	<0,6
Experiment 3	3,4
Experiment 4	0,5

3.5 Formaldehyde (CH₂O) en andere aldehyden en ketonen

Bij sommige continue metingen was met enige goede wil zichtbaar dat formaldehyde ontstond. Omdat de ruis in de metingen echter aanzienlijk was kunnen geen kwantitatieve, en slechts beperkt kwalitatieve conclusies getrokken worden. Voor het verloop van de concentraties zie bijlage 2. Uit de tijdgemiddelde metingen bleek echter wel formaldehyde geëmitteerd te worden. Naast formaldehyde worden ook enkele andere aldehyden en ketonen op lager niveau geëmitteerd. Voor een precieze weergave van de gemeten concentraties wordt verwezen naar tabel 4. Ook hier geldt weer dat de correlatie tussen het aantal stoeltjes en de emissie zo onduidelijk was dat het niet zinvol was om de emissie per stoeltje uit te drukken.

Tabel 4. Emissies aldehyden en ketonen in mg per experiment

	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3	Experiment 4	Achtergrond
formaldehyde	1594,3	1167,9	1659,4	1248,2	359,0
acetaldehyde	360,3	362,0	121,3	187,4	14,9
acroleine	68,4	60,0	293,0	206,0	< 3,3
aceton	102,9	82,2	58,5	43,4	13,2
propionaldehyde	45,5	44,9	12,2	23,7	< 4,4
crotonaldehyde	28,5	25,0	66,8	55,6	< 4,4
butyraldehyde	12,0	82,2	24,9	46,4	< 6,6
benzaldehyde	10,5	21,8	41,0	49,5	< 6,6
iso-valeraldehyde	< 7,7	< 7,7	45,3	< 7,7	< 7,7
valeraldehyde	76,6	16,2	73,6	30,2	< 7,7
o-tolualdehyde	26,9	19,4	17,7	10,7	< 6,6
m-tolualdehyde	6,0	< 5,5	< 5,5	9,1	< 5,5
p-tolualdehyde	7,5	< 5,5	< 5,5	7,7	< 5,5
hexaldehyde	< 7,7	< 7,7	12,2	< 7,7	< 7,7

Bij de meting van aldehyden en ketonen bleek de achtergrond voor een aantal componenten aan de hoge kant te zijn terwijl er maar een beperkte relatie lijkt te zijn tussen het aantal stoeltjes en de emissie. Daarom is ervoor gekozen om de gemeten emissiefactoren in mg per experiment uit te drukken en niet in mg per stoeltje.

3.6 Vluchtige organische componenten (VOC)

De bij de verschillende experimenten geëmitteerde concentraties VOC zijn wisselend. Het lijkt erop dat bij experiment 1 en 3 de meeste VOC geëmitteerd werden, waarbij vooral de emissies bij experiment 3 relatief hoog zijn. Bij experiment 4 zijn alle metingen negatief. Dit is een uitzonderlijke situatie; het is goed mogelijk dat hier tijdens de bemonstering iets mis gegaan is. Daarom wordt deze meting buiten beschouwing gelaten. De resultaten van de metingen staan weergegeven in tabel 5. Zoals verwacht zijn de emissies van benzeen, toluen en xylenen hoog. Dit is gangbaar bij verbranding van koolstof bevattende materialen. Wat opvalt bij experiment 3 is de emissie van benzonitril. Deze stof bevat stikstof en kan een directe relatie met de gebruikte kunststof hebben.

Tabel 5. Brontermen van VOC in gram per experiment

	Experiment 1	Experiment 2	Experiment 3
benzeen	4.9	11.6	56.6
tolueen	9.6	2.1	17.2
ethylbenzeen	1.2	< 0.3	1.9
m-xyleen	1.3	< 0.3	4.2
p-xyleen	0.6	< 0.3	2.0
o-xyleen	0.7	< 0.3	1.2
styreen	< 0.4	0.7	6.6
propylbenzeen	0.7	< 0.3	< 0.5
3-ethyltolueen	0.8	< 0.3	< 0.5
4-ethyltolueen	1.5	< 0.3	0.7
1,2,4-trimethylbenzeen	< 0.4	< 0.3	0.8
1,3,5-trimethylbenzeen	0.5	< 0.3	0.9
naftaleen	< 0.4	0.9	5.2
2-methylnaftaleen	< 0.4	< 0.3	0.9
heptaan	0.5	< 0.3	< 0.5
Benzonitrile	< 0.4	1.4	< 0.5
Pentanenitrile	< 0.4	< 0.3	0.9
Cyclopentanone	< 0.4	< 0.3	3.4
2-Cyclopenten-1-one	< 0.4	< 0.3	2.8
Furfural	< 0.4	< 0.3	9.8
2-Furanmethanol	< 0.4	< 0.3	1.2
Benzaldehyde	< 0.4	< 0.3	1.4
2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	< 0.4	< 0.3	1.1
Benzonitrile	< 0.4	< 0.3	8.7
Benzofuran	< 0.4	< 0.3	2.0

3.7 Stof en anorganische stofgebonden componenten

De door de brand veroorzaakte emissie van stof (roet) was aanzienlijk. Uit ervaring³ blijkt dat een aanzienlijk deel van het stof tot de fijne (PM10) tot zeer fijne (PM2,5) fractie behoort. Om een nauwkeuriger beeld van de verdeling te krijgen is een aparte bemonstering met een fractiescheiding uitgevoerd. Het doel van deze bemonstering was niet zozeer om een indruk te krijgen van de totale emissie van stof, maar meer om een indicatie van de deeltjesgrootte te geven. Voor de resultaten zie tabel 6. De resultaten zijn uitgedrukt in een massapercentage van de totaal bemonsterde hoeveelheid stof. Helaas is de bemonstering bij experiment 3 mislukt waardoor de massa's van deze meting verloren zijn gegaan.

³ Emissies van schadelijke stoffen bij braden, M.G. Mennen *et.al.*, RIVM rapport 609021051/2007

Tabel 6. Massapercentage van de verschillende stoffracties

	PM10 tot PM2,5	PM2,5 tot PM0,18	>PM0,18
Experiment 1	14	47	39
Experiment 2	7	40	53
Experiment 3	Mislukt		
Experiment 4	15	61	25

Daarnaast is ook een bemonstering van de totale massa geëmitteerd stof uitgevoerd. Hierbij is de geëmitteerde hoeveelheid stof omgerekend in een bronsterkte per experiment en in een bronsterkte per stoeltje. De resultaten worden weergegeven in tabel 7.

Tabel 7. Stofemissie per experiment

	Stofemissie per experiment in gram	Stofemissie per stoeltje in gram
Experiment 1	8,7	8,7
Experiment 2	13,7	13,7
Experiment 3	83,9	9,3
Experiment 4	73,1	8,1

Het stof is tenslotte met XRF gescreend op de aanwezigheid van anorganische stoffen/elementen. Hieruit kwam naar voren dat er niet veel elementen geëmitteerd werden. Een uitzondering geldt voor bismut, maar dat kan verklaard worden door de aanwezigheid van bismut in de stoeltjes.

3.8 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

Zoals te verwachten is bij een brand met veel organisch materiaal, kwamen ook bij het verbranden van de stoeltjes PAK's vrij. Naast de aard van het brandende materiaal is de vorming van PAK's ook afhankelijk van de temperatuur en de zuurstoftoevoer. Uit de metingen blijkt dat over de hele linie de vorming hoofdzakelijk afhankelijk is van het aantal verbrande stoeltjes. De totale emissie in µg staat weergegeven in tabel 8.

Tabel 8. Bronterm in µg per experiment

	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4
naftaleen	< 170	< 292	789	< 3159
acenaftaleen	1591	< 423	5711	< 4585
fluoreen	< 51	< 87	< 102	< 952
fenanthreen	163	392	706	< 900
antraceen	35	79	159	< 221
fluorantheen	335	3588	11335	9494
pyreen	331	1006	3081	2034
benzo(a)antraceen	97	285	643	< 384
chryseen	83	236	527	< 352
benzo(b)fluorantheen	85	244	681	< 1109
benzo(k)fluorantheen	34	116	321	219
benzo(a)pyreen	113	384	1209	798
dibenzo(ah)antraceen	< 24	47	136	< 439
benzo(ghi)peryleen	72	304	911	732
indeno(123-cd)pyreen	80	256	761	< 1168

Doordat bij experiment 4 de belading van het filter erg hoog was moest voor de analyse het monsterextract verdund worden. Dit heeft geleid tot een verhoging van de detectielimiet.

4 Discussie

Bij de verbranding van de stoeltjes komt een groot aantal stoffen vrij die allemaal in meer of mindere mate toxisch zijn. In de volgende paragrafen worden de verschillende stoffen en stofgroepen afzonderlijk besproken.

4.1 Koolmonoxide

De geëmitteerde hoeveelheid koolmonoxide was, zoals verwacht, aanzienlijk. Hoe hoog de bronterm was is met de gebruikte analysetechniek niet te achterhalen. Omdat deze stof bij vrijwel elke brand vrij komt is het echter aannemelijk dat de stof geen grotere risico's dan bij andere branden zoals branden in woningen heeft opgeleverd.

4.2 Stikstofhoudende verbindingen

Doordat de gebruikt kunststof stikstof bevat was het te verwachten dat bij verbranding stikstofhoudende verbindingen ontstaan. Dit kunnen in principe zowel geoxideerde (stikstofoxiden), gereduceerde anorganische (HCN en NH₃) als organische stikstofverbindingen zijn (nitro-PAK's). Het is te verwachten dat bij verbranding stikstofoxiden in de hoogste concentraties ontstaan. Dat is ook het geval; de meest voorkomende stikstofverbinding is NO. NO is niet erg giftig maar wordt in de atmosfeer onder invloed van zonlicht snel omgezet in het zeer giftige NO₂.

Daarnaast worden ook gereduceerde stikstofverbindingen gevonden, maar in veel lagere hoeveelheden. Nitro-PAK's zijn helemaal niet gevonden.

In verband met de forse toxiciteit van NO₂ mag aangenomen worden dat voor individuen die aan de rook blootgesteld zijn de gevormde stikstofoxiden het grootste risico vormen.

4.3 Vluchtige organische componenten, aldehyden en ketonen

De geëmitteerde concentraties vluchtige organische componenten zijn vergelijkbaar met wat normaliter vrijkomt bij brand. Ook de gemeten hoeveelheden aldehyden en ketonen zijn normaal bij verbranding van kunststof. Het is niet waarschijnlijk dat blootstelling aan de gemeten stoffen het meest kritische effect voor de gezondheid met zich mee zullen brengen. Opvallend is dat bij één experiment een forse hoeveelheid benzonitril is gemeten. Deze stof is waarschijnlijk direct toe te wijzen aan de verbranding van het kunststof deel van de stoeltjes. Ook voor deze stof geldt dat het waarschijnlijk is dat het niet de meest kritische is voor de gezondheid.

4.4 Stof en stofgebonden organische componenten

Bij het verbranden van de stoeltjes komt een forse hoeveelheid stof vrij, waarvan een deel (zeer) grof. De zeer grove component is mogelijk meer afkomstig van het brandende papier dan van de stoeltjes. Tijdens de brand was goed zichtbaar in de eerste fase vooral het papier en het hout verbrandde. Vooral in deze fase ontstond veel stof.

Het stof bevatte als enig detecteerbaar (zwaar) metaal bismut. Dit was te verwachten omdat de stoeltjes ook bismut bevatten. Omdat bismut algemeen beschouwd wordt als een niet giftig metaal is het niet te verwachten dat de blootstelling aan deze stof tot gezondheidseffecten zal leiden.

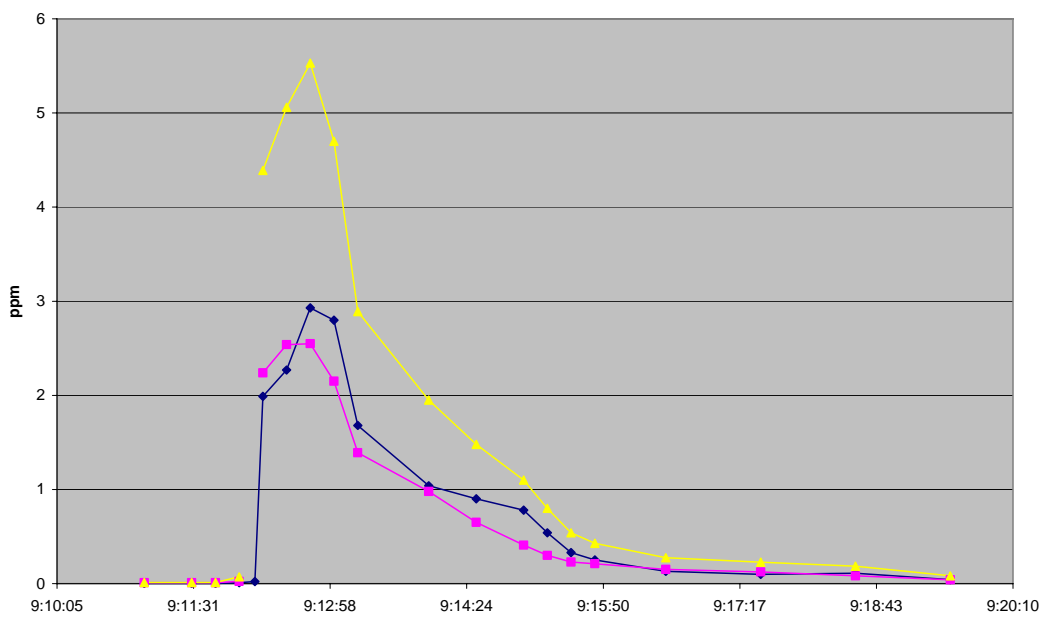
Het stof bevat zoals verwacht aanzienlijke concentraties PAK's. PAK's zijn stoffen die vooral gezondheidseffecten geven bij chronische blootstelling. Omdat de blootstelling aan het stof van de brand eenmalig is geweest is het niet waarschijnlijk dat PAK-blootstelling tot gezondheidseffecten zal leiden.

5 Conclusies

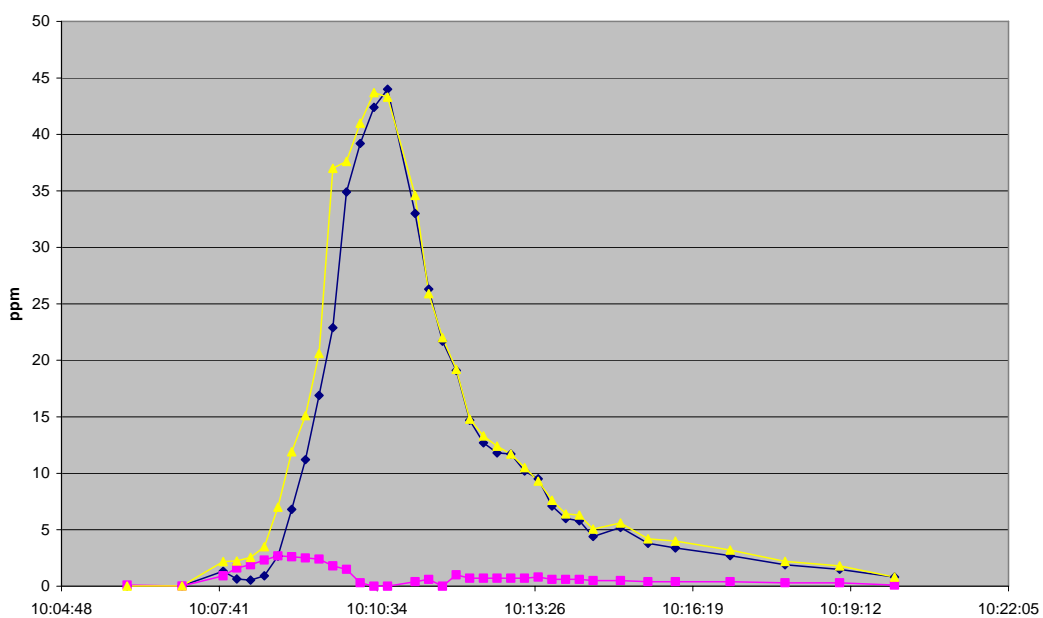
Bij het verbranden van de stoeltjes komt een heel scala aan stoffen vrij, waarvan een groot deel min of meer giftig is. Doordat niet bekend is wat de immissie tijdens de brand geweest is, is het niet mogelijk om van de stoffen aan te geven welke effecten zij precies veroorzaakt hebben. Wel kan op basis van de emissiegegevens en de giftigheid per stof berekend worden welke stoffen de meeste kans op negatieve effecten gegeven zullen hebben. Uit deze analyse blijkt dat stikstofoxiden de grootste kans hebben gehad om concentraties boven de grenswaarden te bereiken.

Bijlage 1. NO_x verloop

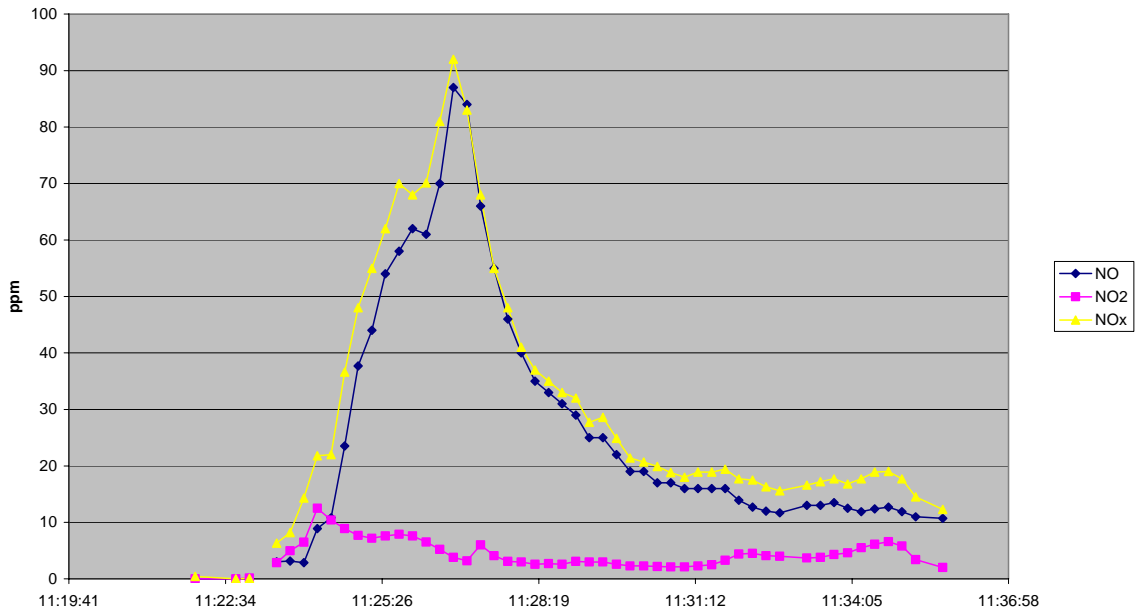
Experiment 1, één stoel



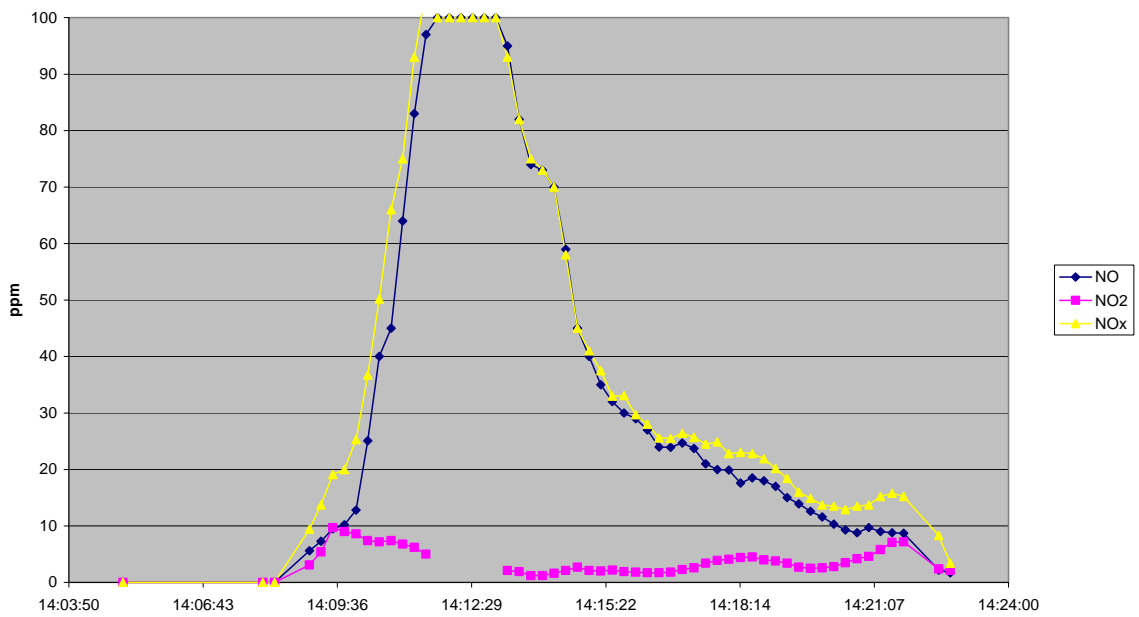
experiment 2, één stoel



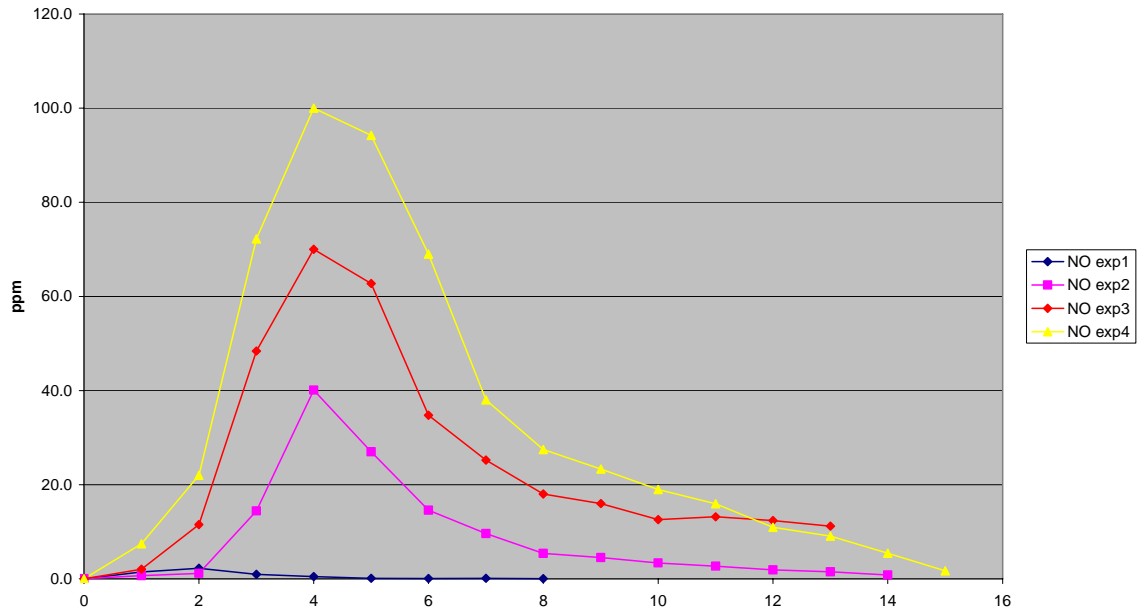
Experiment 3, negen stoeltjes



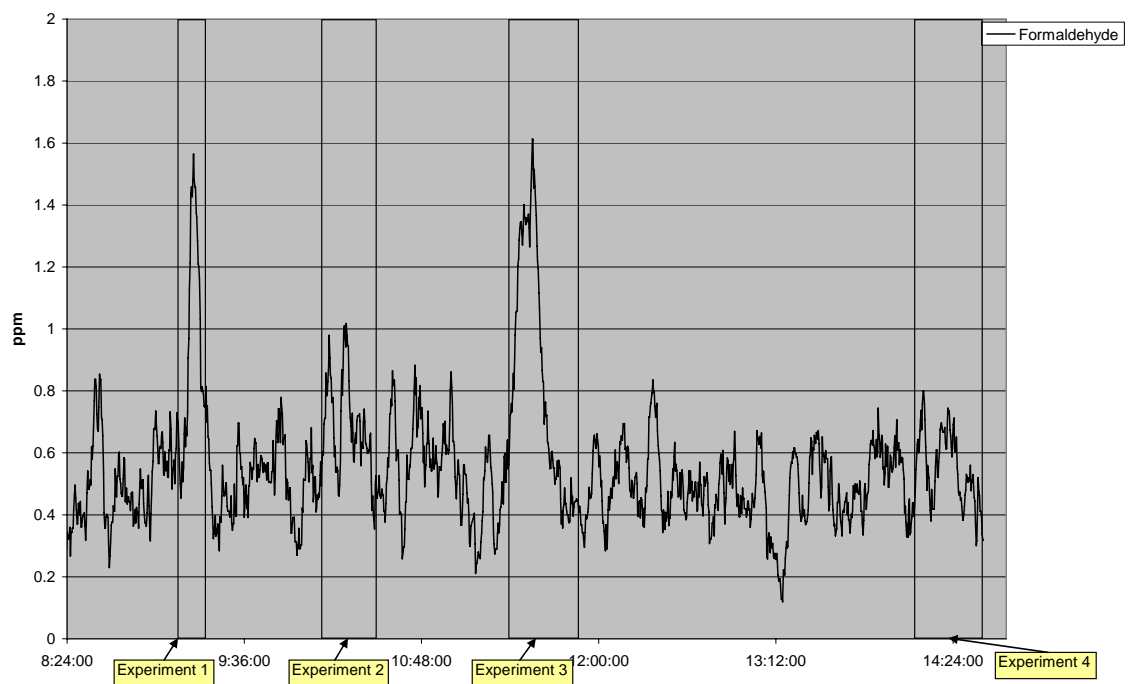
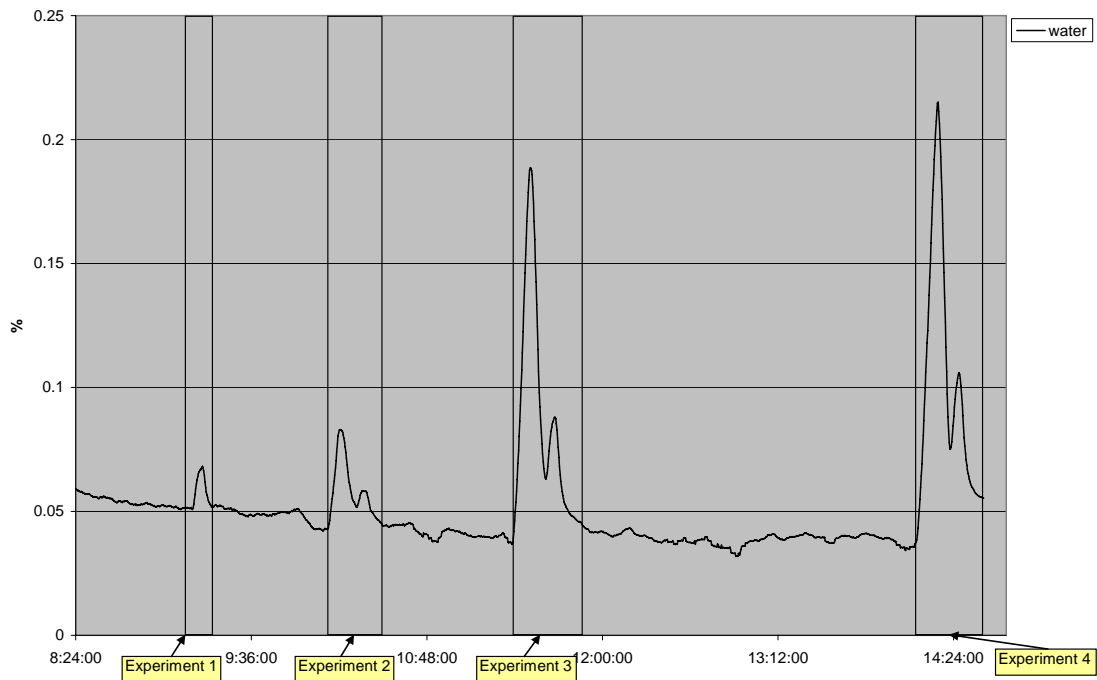
Experiment 4, negen stoeltjes

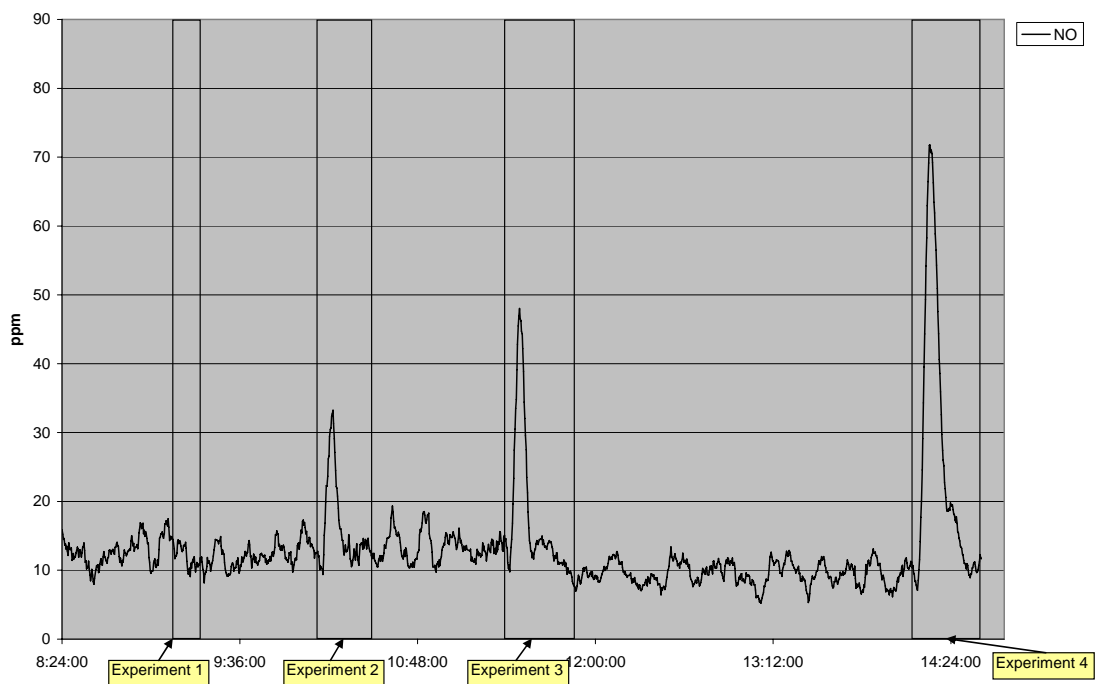
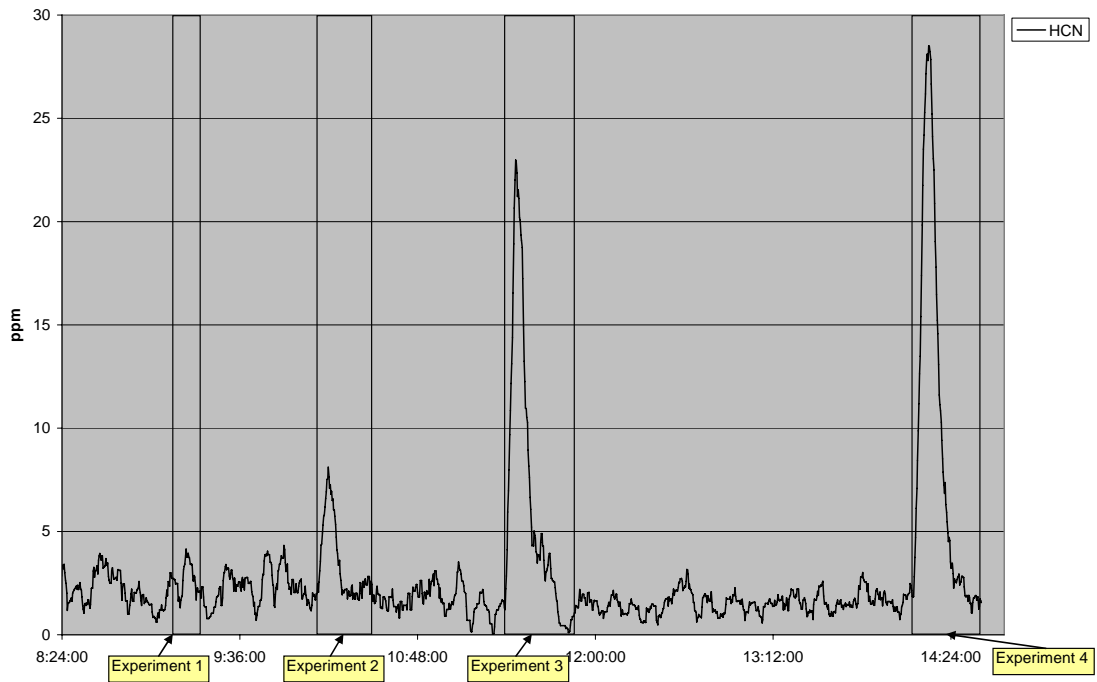


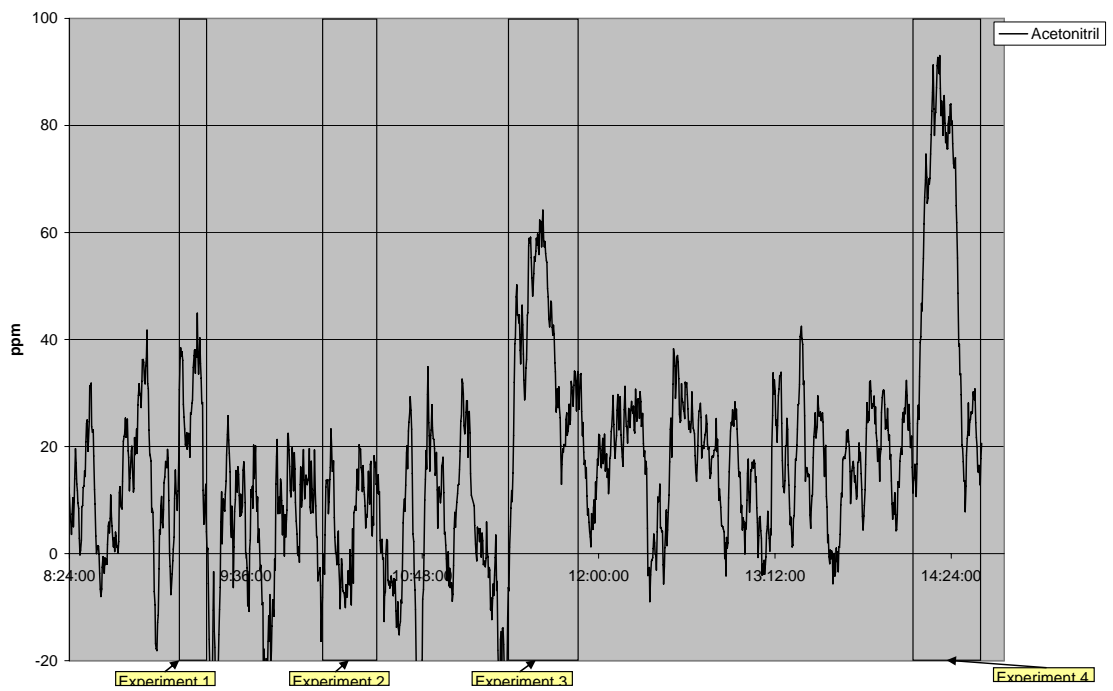
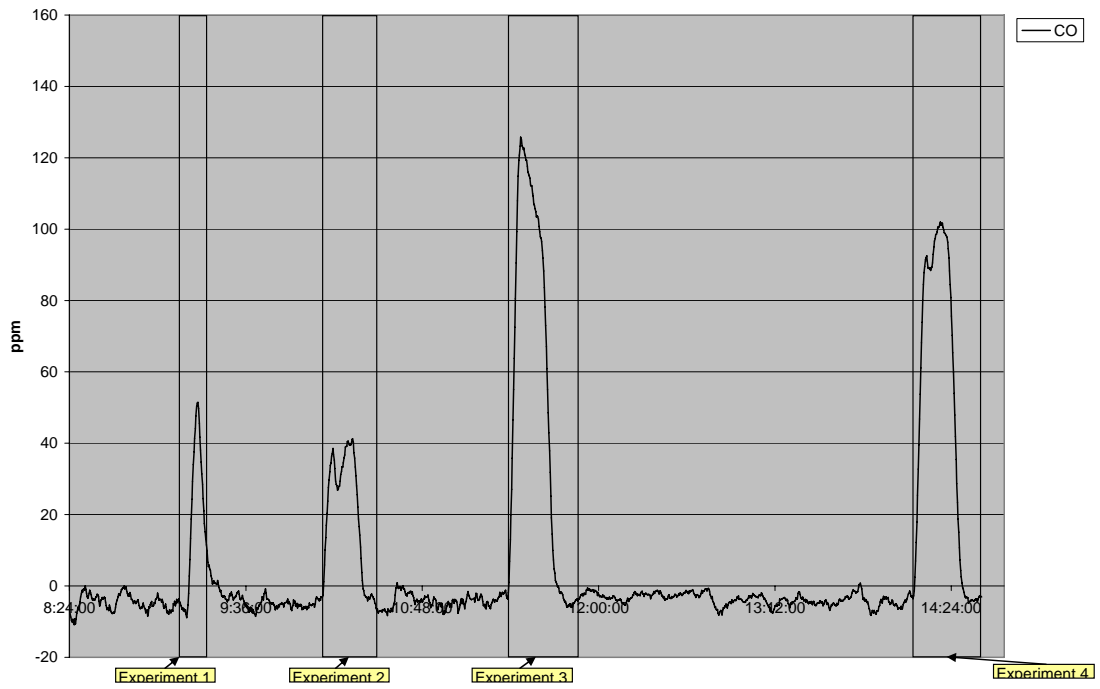
NO minuutwaarden



Bijlage 2. Verloop in de tijd van verschillende componenten







RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl