



Rapport 609021088/2009

M. Mooij | E. Schols | E.M. van Putten | F. Fortezza | A.C. de Groot

Onderzoek naar de 10-meterzone bij een proefgassing van een gebouw met sulfurylfluoride (SO₂F₂)

RIVM-rapport 609021088/2009

Onderzoek naar de 10-meterzone bij een proefgassing van een gebouw met sulfurylfluoride (SO₂F₂)

M. Mooij
E. Schols
E.M. van Putten
F. Fortezza
A.C. de Groot

Contact:
M. Mooij
Centrum Inspectie Milieu- en Gezondheidsadviesing
martje.mooij@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM-Inspectie, in het kader van het project Ondersteuning VROM-Inspectie bij Gassingen, M/609021/08/GA Gassingen

© RIVM 2009

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

Onderzoek naar de 10-meterzone bij een proefgassing van een gebouw met sulfurylfluoride (SO₂F₂)

Bij een proefgassing van een bedrijfsgebouw met sulfurylfluoride ter bestrijding van ongedierte constateerde het RIVM dat een afstand van 10 meter niet voldoende was. Metingen toonden aan dat de grenswaarde van 3 ppm sulfurylfluoride op 10 meter afstand van het gebouw en daarbuiten meerdere malen overschreden werden. Deze overschrijdingen duurden enkele minuten en de maximaal gemeten concentratie was 4,8 ppm.

Het was voor het eerst dat een gebouwgassing met sulfurylfluoride om insecten te bestrijden in Nederland plaatsvond. De veiligheidseisen hiervoor zijn in een gebruiksvoorschrift beschreven. Een van deze eisen is dat de grenswaarde van 3 ppm sulfurylfluoride op en buiten een zone van 10 meter rond het gebouw niet overschreden mag worden. De VROM-Inspectie wilde weten of de voorgeschreven zone van 10 meter toereikend is voor gebouwgassing met sulfurylfluoride.

Het RIVM stelt voor om nader onderzoek te doen. Het gaat daarbij om (proef)gassing met sulfurylfluoride waarbij de ontgassing op lagere hoogte moet plaatsvinden, en bij gassing onder andere weersomstandigheden, zoals harde wind. Verder vindt het RIVM het nuttig dat de overheid toezicht houdt bij gebouwgassing met sulfurylfluoride.

Trefwoorden:

sulfurylfluoride, SO₂F₂, gassing, ventilatie, 10-meterzone, gezondheid, risico's, veiligheid

Abstract

Research on the 10-m safety zone during a test fumigation of a factory with sulfuryl fluoride

Based on the results of a test fumigation of a factory with the gas sulfuryl fluoride for controlling termites, the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) concluded that, in this case, the 10-m safety zone was not adequate. Measurements taken during the test fumigation at the furthest extent of the 10-m safety zone and outside of it revealed gas levels higher than those assessed to be safe. There were a number of exceedances during a period of a few minutes, with 4.8 ppm sulfuryl fluoride being the highest concentration measured.

This test was the first of its kind with the gas sulfuryl fluoride in the Netherlands. One of the required safety measures for such fumigations is that the limit value of 3 ppm sulfuryl fluoride is not to be exceeded at a distance of 10 m around the building. The RIVM was commissioned by the VROM-Inspectorate to determine if, during such fumigations, the 10-m safety zone would provide sufficient protection.

The RIVM recommends that other (test) fumigations with the gas sulfuryl fluoride be carried out and studied, such as those in buildings with lower ventilation points and those performed during different weather conditions (for example, a strong wind). The RIVM also advises that fumigations of buildings with this gas be subject to government supervision.

Key words:

Sulfuryl fluoride, SO_2F_2 , (de)fumigation, 10-m safety zone, health aspects, risks, safety

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding en doel	7
1.2 Betrokken partijen	7
2 Sulfurylfluoride	9
2.1 Toelating in Nederland	9
2.2 Toxicologisch profiel	10
2.3 Onzekerheden	11
2.4 Meetinstrument Spectros	11
3 Meetopzet	13
3.1 Het gasplan	13
3.2 Meet- en analyseapparatuur	15
3.3 Klimatologische omstandigheden	16
3.4 Meetlocaties en tijdsinzet	16
4 Meetresultaten	21
4.1 Canisters en Tedlar bags	21
4.2 Gasmet FTIR	22
4.3 Spectros	24
5 Discussie	25
6 Conclusies	27
7 Aandachtspunten	29
Literatuur	30
Bijlage 1 Toxicologisch profiel sulfurylfluoride	31
Bijlage 2 Resultaten Gasmet FTIR	33

Samenvatting

Sinds eind 2007 is het in Nederland toegestaan om gebouwen met het gas sulfurylfluoride te behandelen ter bestrijding van houtaantastende insecten. In het gebruiksvoorschrift van sulfurylfluoride, opgesteld door het Ctgb, staat een aantal eisen voor het veilige gebruik van sulfurylfluoride bij gebouwgasingen. Een van deze eisen is dat de grenswaarde van 3 ppm niet overschreden mag worden vanaf een afstand van 10 meter rondom het gegaste gebouw. Binnen deze zone moet men onafhankelijke adembescherming dragen.

Het RIVM heeft in opdracht van de VROM-Inspectie metingen uitgevoerd op de veiligheidszone van 10 meter en daarbuiten. Dit was tijdens een proefgassing van een fabriek met sulfurylfluoride ter bestrijding van ongedierte. Het doel van deze proefgassing was het bepalen of de 10-meterzone een veilige afstand is voor omwonenden en passanten.

Metingen toonden aan dat de grenswaarde op en buiten 10 meter afstand van het gegaste gebouw overschreden werd. De overschrijdingen duurden enkele minuten met een maximum van 4,8 ppm sulfurylfluoride. Dit betekent dat de zone van 10 meter rondom gebouwgasingen met sulfurylfluoride zoals gesteld in het gebruiksvoorschrift, voor deze proefgassing niet voldoende was.

De metingen binnen de afstand van 10 meter tot het gegaste gebouw werden door de gassingsleider uitgevoerd met het meetapparaat Spectros. De VROM-Inspectie had onvoldoende inzicht in de validiteit van dit instrument en heeft het RIVM gevraagd hierover een oordeel te geven. Tijdens het onderzoek heeft het RIVM het apparaat in bruikleen gekregen. De meetresultaten van de Spectros lagen in lijn met de meetresultaten van het RIVM. Het apparaat lijkt geschikt voor het meten van lage concentraties sulfurylfluoride. Het is echter niet mogelijk om een onafhankelijk oordeel te geven over de betrouwbaarheid van dit apparaat. Hiervoor zal het RIVM zelf onafhankelijke metingen moeten uitvoeren.

Tijdens het onderzoek bleek een goede voorbereiding en dito samenwerking van de betrokken partijen. Bij alle metingen werden overschrijdingen van de grenswaarde direct geconstateerd en met de overheid gecommuniceerd. De overheid heeft hierna direct passende maatregelen genomen. Hieruit bleek dat toezicht door de overheid nuttig was. Het RIVM is van mening dat toezicht niet alleen nuttig is bij (ont)gassing van gebouwen met sulfurylfluoride, maar ook bij de beoordeling van gassingsplannen vooraf aan de gassing.

Het RIVM signaleert bovendien dat meer aandacht nodig is voor de consequenties voor de omgeving indien de grenswaarde van 3 ppm overschreden wordt en dat de veiligheidszone tijdens een gassing vergroot moet worden. Ook zal er meer rekening gehouden moeten worden met omgevingsinvloeden, zoals luchtaanzuigingen op daken van naastgelegen gebouwen en de verspreiding van het gas via ondergrondse kanalen. Verder is het RIVM van mening dat het nuttig is meer onderzoek te doen bij andere (proef)gassing waarbij de ontgassing op lagere hoogte moet plaatsvinden en bij andere weersomstandigheden, zoals harde wind.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Sinds eind 2007 is het in Nederland toegestaan om gebouwen met het gas sulfurylfluoride te behandelen. Voorheen werd hiervoor methylbromide gebruikt, maar dat is verboden omdat het bijdraagt aan het broeikaseffect.

In 2007 is een gebruiksvoorschrift voor het gas sulfurylfluoride opgesteld en eind dat jaar goedgekeurd door het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb). Vanaf die tijd is het gas toegestaan voor gebruik als gassingsmiddel ter bestrijding van houtaantastende insecten. In het gebruiksvoorschrift is een minimale afstandszone van 10 meter voorgeschreven. Buiten deze zone mag de concentratie sulfurylfluoride niet boven de grenswaarde van 3 ppm komen. Binnen deze zone moet men onafhankelijke adembescherming dragen. Indien door metingen wordt vastgesteld dat de concentratie buiten deze zone wel hoger is dan 3 ppm, dient alarmering plaats te vinden waarna alle personen zonder onafhankelijke adembescherming onmiddellijk de directe omgeving van de gassingslocatie dienen te verlaten. De gassingsleider is hiervoor verantwoordelijk en voert regelmatig metingen uit ter controle van de concentraties sulfurylfluoride binnen de veiligheidszone.

De VROM-Inspectie regio Zuidwest heeft het RIVM gevraagd onderzoek uit te voeren tijdens een proefgassing met sulfurylfluoride (SO_2F_2) van een bedrijfsgebouw. Deze fabriek is het eerste object in Nederland dat met sulfurylfluoride gegast wordt ter bestrijding van ongedierte. Het doel van dit onderzoek is het vaststellen of de 10 meter afstand tot het gegaste gebouw dat in het gebruiksvoorschrift voorgesteld wordt, een veilige afstand is voor omwonenden en passanten.

De gassingsleiders voeren tijdens gassingen altijd metingen uit binnen de 10-meterzone (met onafhankelijke adembescherming op). Bij deze proefgassing worden deze metingen verricht met de Spectros, een meetapparaat dat lage concentraties sulfurylfluoride (0-100 ppm) in de lucht meet. De VROM-Inspectie heeft onvoldoende inzicht in de validiteit van dit instrument en vraagt het RIVM een oordeel te geven over de bruikbaarheid van de Spectros voor het meten van lage concentraties sulfurylfluoride in de lucht bij gebouwassingen.

1.2 Betrokken partijen

De fabriek is gevestigd in Rotterdam en is een internationaal opererend productiebedrijf van half- en eindproducten voor de levensmiddelen- en diervoedingsindustrie. Als grondstof voor het productieproces worden onder andere granen en graanproducten gebruikt.

Een behandeling met sulfurylfluoride wordt door het bedrijf als wenselijk ervaren omdat ongediertepopulaties moeilijk te bestrijden zijn met de conventionele middelen. De huidige technieken worden niet als toereikend ervaren omdat de mortaliteit relatief laag is en hierdoor zijn veel (kostbare) behandelingen noodzakelijk om de plaagdieren te beheersen.

Het gassen en ontgassen van de fabriek wordt uitgevoerd door een professioneel bedrijf met internationale ervaringen in gassingen. De gassing wordt uitgevoerd onder leiding van een gassingsleider. In het (verplichte) gasplan staan alle uitvoeringswerkzaamheden beschreven voor het

uitvoeren van de gassing en de ontgassing. Hierin staan ook de voorbereidingen (afplakwerkzaamheden, plaatsing van de gas- en meetleidingen) en de praktische uitvoering beschreven (SGS Benelux/Sanitec, 2008).

Tijdens de gassing was een vertegenwoordiger van de producent van het gas sulfurylfluoride aanwezig vanwege uitgebreide ervaringen met het toepassen van dit gas in andere landen, zoals Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Italië en Frankrijk.

De VROM-Inspectie regio Zuidwest was aanwezig voor het toezicht en de handhaving tijdens het gassen en ontgassen. Het havenbedrijf Rotterdam was ook aanwezig om controlemetingen uit te voeren bij de ligplaatsen van de scheepvaart in de directe omgeving.

2 Sulfurylfluoride

2.1 Toelating in Nederland

Voor de toelating in de Europese Unie is sulfurylfluoride beoordeeld door Zweden. Het Zweedse beoordelingsrapport, dat gebaseerd is op talrijke onderzoeken, heeft ertoe geleid dat sulfurylfluoride werd goedgekeurd als gas voor het bestrijden van houtaantastende insecten in de EU.

Sulfurylfluoride wordt gezien als een kosteneffectief alternatief van gassing met methylbromide. Het gas werd voor het eerst in 1957 in de Verenigde Staten geïntroduceerd als een insecticide en wordt sindsdien buiten Nederland veelvuldig gebruikt om houtaantastende insecten in gebouwen te verdelgen. Het wordt zowel voor gassing van industriële gebouwen als ook voor woningen gebruikt. In 1986 zijn tussen de 200-500 woningen in Virginia gegast met sulfurylfluoride. In de Verenigde Staten zijn diverse gevallen bekend waarbij mensen onwel werden doordat ze te vroeg terugkeerden naar hun woning, met zelfs fatale gevolgen (CDC, 1987).

Onderzoek naar de absorptie van sulfurylfluoride door verschillende materialen na het begassen, laten zien dat voorzichtigheid geboden is indien de gegaste gebouwen veel materialen bevatten die het gas goed absorberen. Voorbeelden van zulke materialen zijn hout, polystyreen en polyester. Met name in combinatie met gebrekkige ventilatiemogelijkheden van een gebouw (Scheffrahn et al., 1987).

In Nederland is het middel Vikane, dat voor 100% bestaat uit sulfurylfluoride (SO_2F_2), een gas dat sinds 4 december 2007 toegestaan. Het is uitsluitend toegestaan voor het gebruik als gassingsmiddel ter bestrijding van houtaantastende insecten in woonhuizen en gebouwen (waaronder opslagplaatsen, musea en kerken), vervoersmiddelen (schepen, containers en treinwagons), speciale gassingsinstallaties en klampen. Het middel is uitsluitend bestemd voor professioneel gebruik en mag niet toegepast worden voor de behandeling van voedingswaren.

Het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) heeft een Wettelijk Gebruiksvoorschrift voor de werkzame stof sulfurylfluoride opgesteld. Hierin worden verschillende eisen gesteld aan het gebruik van het gas. Een belangrijke eis is de 10 meter afstand rond het gegaste object. Ook dienen regelmatig metingen uitgevoerd te worden om te constateren of deze zone voldoende is. Deze metingen dienen door middel van daartoe geschikte meetapparatuur frequent ingezet te worden om de concentratie van sulfurylfluoride op 10 meter (gebouwen, vervoermiddelen, speciale gassingsinstallaties en klampen) of 20 meter (containers) vanaf de buitenkant van het te gassen object, benedenwinds te meten. De meting dient plaats te vinden op 10 cm boven de grond en in de ademhalingszone. Zodra de concentratie sulfurylfluoride boven de 3 ppm ($12,7 \text{ mg/m}^3$) komt, dienen alle personen zonder geschikte onafhankelijke adembescherming onmiddellijk de directe omgeving van de gassingslocatie te verlaten. Zonder onafhankelijke ademlucht mag men niet binnen de 10-meterzone komen (Ctgb, 2008).

Ontgassing van gebouwen, vervoermiddelen en containers mag niet plaatsvinden wanneer de gemiddelde windsnelheidsverwachting tijdens de ontgassing 0,5 m/s of lager is (Ctgb, 2008).

2.2 Toxicologisch profiel

Een korte samenvatting van de toxicologie van sulfurylfluoride is te vinden in Bijlage 1. Beoordeling van de stof voor toelating als biocide in EU-kader is zoals gezegd onlangs afgerond. Daarnaast is de stof ook beoordeeld door de Wereldgezondheidsorganisatie (JMPR). Door de US-EPA zijn voor de stof zijn ook grenswaarden afgeleid voor chemische ongelukken, de Acute Exposure Guideline Levels (AEGl's). Deze bestaande beoordelingen door respectievelijk EU, US-EPA en JMPR waren de basis voor de compilatie in Bijlage 1.

Sulfurylfluoride is een geurloos en kleurloos gas. In de lucht (atmosfeer) is het gas stabiel met een geschatte halfwaardetijd voor afbraak van bijna 3 jaar. De belangrijkste toxische effecten die sulfurylfluoride veroorzaakt zijn inhalatoire irritatie en daarnaast onderdrukking van het zenuwstelsel en/of bewusteloosheid. Op basis van acute toxiciteit in proefdieren wordt de stof geclassificeerd als giftig.

Voor omwonenden en omstanders geldt een acute grenswaarde van 3 ppm (12,7 mg/m³) (Ctgb, 2008). De beschikbare informatie specificeert helaas niet voor welke tijdsduur de grenswaarde geldt. Bij welke concentratie boven deze grenswaarde de eerste lichte gezondheidseffecten zullen optreden bij kortdurende blootstelling is moeilijk te zeggen. Voor de beoordeling van calamiteiten zijn geschatte acute drempels voor ernstige gezondheidseffecten bij mensen bekend van 13 ppm (54 mg/m³) en 6,3 (26 mg/m³) bij respectievelijk 4 en 8 uur blootstelling (AEGl-2 waarden). De overeenkomstige geschatte drempels voor letaliteit bedragen respectievelijk 38 ppm (160 mg/m³) en 19 ppm (79 mg/m³). Voor sulfurylfluoride is geen grenswaarde voor chronische blootstelling voor de algemene bevolking bekend. Naast de grenswaarde voor blootstelling van de bevolking is er ook een waarde vastgesteld voor de arbeidssituatie. De EU-grenswaarde voor blijvende blootstelling van werknemers is 1 ppm (4,2 mg/m³). De Ctgb (2008) beveelt voor werknemers de EU-waarde aan van 1 ppm (4,2 mg/m³) als maat voor semichronische blootstelling in combinatie met de waarde van 3 ppm (12,7 mg/m³) voor kortdurende verhogingen van concentraties in werkomgeving.

In het gebruiksvoorschrift heeft het Ctgb zodoende opgenomen dat bij overschrijding van de 3 ppm grenswaarde direct een duidelijk hoorbare alarmering dient plaats te vinden waarna alle personen zonder onafhankelijke adembescherming onmiddellijk de directe omgeving van de gassingslocatie moeten verlaten. Dit om te voorkomen dat omwonenden, voorbijgangers en werkers worden blootgesteld aan sulfurylfluorideconcentraties die risicovol kunnen zijn (Ctgb, 2008).

Uit de literatuur is bekend dat gebouwgassing met sulfurylfluoride in het buitenland al tot verschillende ongevallen geleid hebben. In Duitsland deden zich bij een gassing met sulfurylfluoride van een historische kerk ernstige vergiftigingsverschijnselen en zelfs een sterfgeval voor bij een gezin in een aangrenzende woning (verbonden met de kerk via een dichtgemaakte oude gang). De familie was niet op de hoogte gebracht van de gassing van de naastgelegen kerk (Hahn et al., 2003). In de Verenigde Staten zijn diverse ongevallen (vaak met een dodelijke afloop) bekend als gevolg van gassing met sulfurylfluoride van gebouwen (CDC, 1987; Scheuerman, 1986; Schneir et al., 2008). Soms kwam dat omdat men zich, al dan niet opzettelijk, niet aan de veiligheidsvoorschriften had gehouden. Het Ctgb is van mening dat de risico's voor omwonenden, voorbijgangers en werknemers nihil zijn indien de juiste voorzorgsmaatregelen en ontgassingprocedures gehanteerd worden.

2.3 Onzekerheden

Er is momenteel nog niet veel bekend over de chemische reactie van het gas sulfurylfluoride in de atmosfeer. Sulbeak Andersen et al. (2009) hebben hier onderzoek naar gedaan. Hij bediscussieert de verblijftijd van het gas in de atmosfeer en vraagt zich af of sulfurylfluoride mogelijk een potentieel broeikasgas is. Antwoorden hierop heeft hij niet maar hij geeft de noodzaak aan van meer onderzoek naar de chemische reactie van het gas in de atmosfeer. Vooral nu het gebruik en emissies van sulfurylfluoride toeneemt vanwege het verbod op het broeikasgas methylbromide in het Montreal Protocol.

In het gebruiksvoorschrift dat door de Europese Unie (EU) opgesteld is, wordt rekening gehouden met onzekerheden. Naast de onzekerheden in effecten en eigenschappen van het gas, houdt zij ook rekening met de onzekerheden betreffende de windrichting en windsterkte rondom het gebruik van het gas. Omdat vanwege deze onzekerheden niet met zekerheid vast te stellen is hoe groot de kans is op overschrijdingen van de grenswaarde op een afstand kleiner dan 10 meter, stelt zij een afstandzone van 10 meter van het gassingsobject. Ook het Ctgb neemt deze afstandszone over in het Nederlandse gebruiksvoorschrift van gebouwgassing met sulfurylfluoride (Ctgb, 2008).

In het gebruiksvoorschrift opgesteld door het Ctgb, wordt vermeld dat zodra buiten deze 10-meterzone een overschrijding van de grenswaarde plaatsvindt, direct een duidelijk herkenbare alarmering dient plaats te vinden waarna alle personen zonder onafhankelijke adembescherming onmiddellijk de directe omgeving van de gassingslocatie moeten verlaten. Het is de verantwoordelijkheid van de gassingsleider om hierop toe te zien. Indien de afstandseis van 10 meter niet kan worden gewaarborgd, zoals in woonwijken en stadscentra, dan zijn toepassingen van gassing met sulfurylfluoride uitgesloten.

2.4 Meetinstrument Spectros

De Spectros (Figuur 1) is een draagbaar meetapparaat om sulfurylfluoride te meten op basis van infrarood absorptie (fotometrie). Productinformatie van de leverancier geeft aan dat de Spectros concentraties tussen 0- 100 ppm¹ kan meten. De gevoeligheid is 1 ppm en binnen het meetbereik van 0 tot 10 ppm geeft het apparaat een nauwkeurigheid van ± 1 ppm. Tijdens het uitvoeren van de metingen met de Spectros moet de buitenluchttemperatuur boven het vriespunt liggen en beneden 50 °C en de luchtvochtigheid tussen 5-90%. Zodra de Spectros een concentratie sulfurylfluoride hoger dan 5 ppm meet, gaat een alarm af (40 dB(A)). De meetwaarden zijn direct af te lezen op het scherm en worden weergegeven in hele ppm. De Spectros meet specifiek concentraties sulfurylfluoride, eventuele kruisgevoeligheid met andere gassen is volgens de leverancier niet te verwachten (Websites: Dow AgroSciences, Edialux België, Ansyco). Bovenstaande informatie indiceert dat het apparaat een betrouwbaar meetinstrument is om lage concentraties (0-100 ppm) sulfurylfluoride te meten.

¹ Hogere concentraties (> 100 ppm) worden door de gassingsleider met een Fumiscoop gemeten. Dit apparaat wordt gebruikt voor concentratiemetingen in gebouwen tijdens het uitvoeren van de gassing.



Figuur 1: Spectros voor het meten van lage concentraties sulfurylfluoride (0-100 ppm).

3 Meetopzet

In dit hoofdstuk wordt het RIVM-meetprogramma beschreven. Dit is gebaseerd op het gasplan van de gassingsleider, de uiteindelijke uitvoering hiervan, eigen beschikbare meetapparatuur en de klimatologische omstandigheden.

3.1 Het gasplan

De reden voor behandeling van het object met sulfurylfluoride is ongediertebestrijding. Het gaat hier om een proefgassing met als doel voor het RIVM het bepalen of de afstandeis (10 meter) voor gassing van gebouwen met sulfurylfluoride voldoende is. Het gebouw is op de 10-meterlijn afgezet met hekken. Het is niet mogelijk voor onbevoegden binnen deze afzetting te komen (Figuur 2).



Figuur 2: Waarschuwing en afzetting rondom het gebouw.

Het gedeelte van het gebouw dat gegast wordt, is afgeplakt met tape. Voordat de gassing van start gaat zijn deze afplakwerkzaamheden door de gassingsleider geïnspecteerd. Het gas wordt via leidingen het gebouw ingebracht (Figuur 3 en 4). De concentraties in het gebouw worden met een Fumiscoop gemeten. Dit apparaat meet hoge concentraties sulfurylfluoride. De concentratiemetingen rondom het gebouw worden uitgevoerd met de Spectros. De gassing start op vrijdagavond, op zaterdag zal bijdosering plaatsvinden en op zondag zal de ontgassing van start gaan. De ontgassing vindt in fases plaats en voor elke fase worden concentratiemetingen met de Fumiscoop en de Spectros uitgevoerd. De daadwerkelijke ontgassing is iets afgeweken van het vooraf opgestelde gasplan; de twee deuren op tiende verdieping (fase 1.2 en 1.3) zijn pas geopend na een aantal uren ontgassing via een mangat op vijfde verdieping. Ook de dubbele deur op de vijfde verdieping (fase 3.1) is veel later geopend dan

gepland (SGS Benelux/Sanitec, 2008). Zodra op maandag de concentraties in het gebouw beneden de 3 ppm zijn zal het gebouw gasvrij verklaard worden.

Het gegaste object ligt dichtbij (< 30 meter afstand) andere bedrijven, zie Figuur 5 en 6.

De eigenaren van omliggende bedrijven zijn op de hoogte gesteld van de gassingsactiviteiten. Met een bedrijf zijn afspraken gemaakt dat op hun dak (vier verdiepingen hoog) ook concentratiemetingen ter controle kunnen plaatsvinden.

De totale hoeveelheid gebruikte sulfurylfluoride was 2.778 kg en de bereikte maximale concentratie in het gebouw 38 g m⁻³.



Figuur 3: Pallets met sulfurylfluoride gas.



Figuur 4: Leidingen die het gas het gebouw inbrengen.



Figuur 5: Afstand fabriek (links) tot naastgelegen gebouwen (rechts).



Figuur 6: Uitzicht vanaf vijfde verdieping dak fabriek op naastgelegen gebouwen.

3.2 Meet- en analyseapparatuur

Gasmet FTIR

Met de Gasmet DX-4010 infrarood spectrofotometer kunnen concentraties van een breed scala aan gasvormige (organische, maar ook een aantal anorganische) componenten in lucht tegelijkertijd worden gemeten. Met de Gasmet wordt direct buitenlucht aangezogen (Figuur 7). Het apparaat is eenvoudig te verplaatsen maar het is wel afhankelijk van een stroomvoorziening voor de bijbehorende laptop, die afgedekt moet worden opgesteld (vanwege de weersomstandigheden).

Het meetprincipe is gebaseerd op de lucht die met een pomp door een meetcel wordt geleid. Vanuit een infrarood bron wordt infrarood licht in een golflengtebereik van 1,4 μm tot 23,8 μm door een interferometer geleid. Hierin wordt de lichtbundel gemoduleerd. De Gasmet zuigt steeds 30 seconden lucht aan en analyseert deze in de volgende 20 seconden. Op deze wijze is er iedere minuut een resultaat. De gemeten spectra worden opgeslagen en kunnen achteraf geanalyseerd worden.

Het meetbereik van sulfurylfluoride loopt van ongeveer 1,5 ppm tot enkele honderden ppm. Indien met de FTIR concentraties beneden 1,5 ppm gemeten worden, dan is niet met zekerheid te zeggen of er daadwerkelijk sulfurylfluoride in de lucht aanwezig is. Indien concentraties $\geq 1,5$ ppm gemeten worden, dan is wel met zekerheid te zeggen dat sulfurylfluoride gemeten is.

Het apparaat geeft standaard ook het spectrum voor kooldioxide en water.

Canister

Met de canisters worden ook luchtmonsters genomen (Figuur 8). Deze stalen bol wordt vooraf vacuüm gezogen. Door het toepassen van een restrictie kan ervoor gezorgd worden dat de canister in een bepaalde tijd volloopt. In dit onderzoek is de bemonsteringstijd ingesteld op 2 uur. De monsternamen worden gestart zodra de kraan van de canister open gaat.



Figuur 7: Gasmet FTIR op 10-meterlijn (op locatie 1 van Figuur 9).



Figuur 8: Canister op dak van bedrijfsgebouw naast mangat vijfde verdieping.

Tedlar bag

Met behulp van een draagbare handpomp (Vacu-tube) wordt een luchtmonster genomen in een Tedlar bag. Vanwege de kort durende monsternamen (meestal enkele seconden) levert deze methode momentane concentraties en geen tijdsgemiddelde.

Luchtmonsters met Tedlar bags werden genomen op momenten dat en op plaatsen waar met de Gasmet verhoogde concentraties sulfurylfluoride gemeten is.

GC/MS-analyse

De analyses van de Tedlar bags en canisters worden op het RIVM uitgevoerd met behulp van de GC/MS. Lucht wordt aangezogen door een interne pomp in de GC/MS, waarna het luchtmonster wordt geïnjecteerd op een scheidingskolom. Door middel van gaschromatografie worden de verschillende componenten in het luchtmonster op de kolom gescheiden. Van de op de kolom gescheiden componenten worden de massaspectra opgenomen op basis waarvan componenten kunnen worden geïdentificeerd en gekwantificeerd. De concentraties sulfurylfluoride kunnen op laag ppb-niveau gemeten worden met een nauwkeurigheid van enkele ppb.

3.3 Klimatologische omstandigheden

Tabel 1 geeft een overzicht van de weersomstandigheden in Rotterdam gedurende het weekend. De gegevens zijn afkomstig van het KNMI (Website KNMI).

Gedurende het hele weekend was sprake van een vrij zwakke wind. De windrichting was variabel en kwam overwegend uit (noord)westelijke richting op zaterdag en zondag. Op vrijdag meer uit oostelijke richting. De maximum temperatuur overdag was 18 tot 20 °C. De minimum temperatuur 's nachts was rond de 5 °C. Gedurende het hele weekend is geen neerslag gevallen, maar er was 's nachts wel vrij veel mist (85-89% relatieve vochtigheid).

Tabel 1: Weersomstandigheden Rotterdam weekend 26 tot en met 29 september 2008.

Variabele	Vrijdag 26 september	Zaterdag 27 september	Zondag 28 september
Windrichting (N=360°, O=90°, S=180°, W=270° geen/variabel=0°)	60 (=NOO)	320 (=NNW)	270 (=W)
Windsnelheid (m/s)	2,5	1,0	1,6
Min. temperatuur (°C)	4,9	4,4	4,5
Max. temperatuur (°C)	18,3	20,1	18,3
Etmaal gemiddelde temperatuur (°C)	11,9	11,5	11,6
Etmaal som neerslag (mm)	0	0	0
Etmaal gemiddelde relatieve luchtvochtigheid (rh) (%)	86	85	89

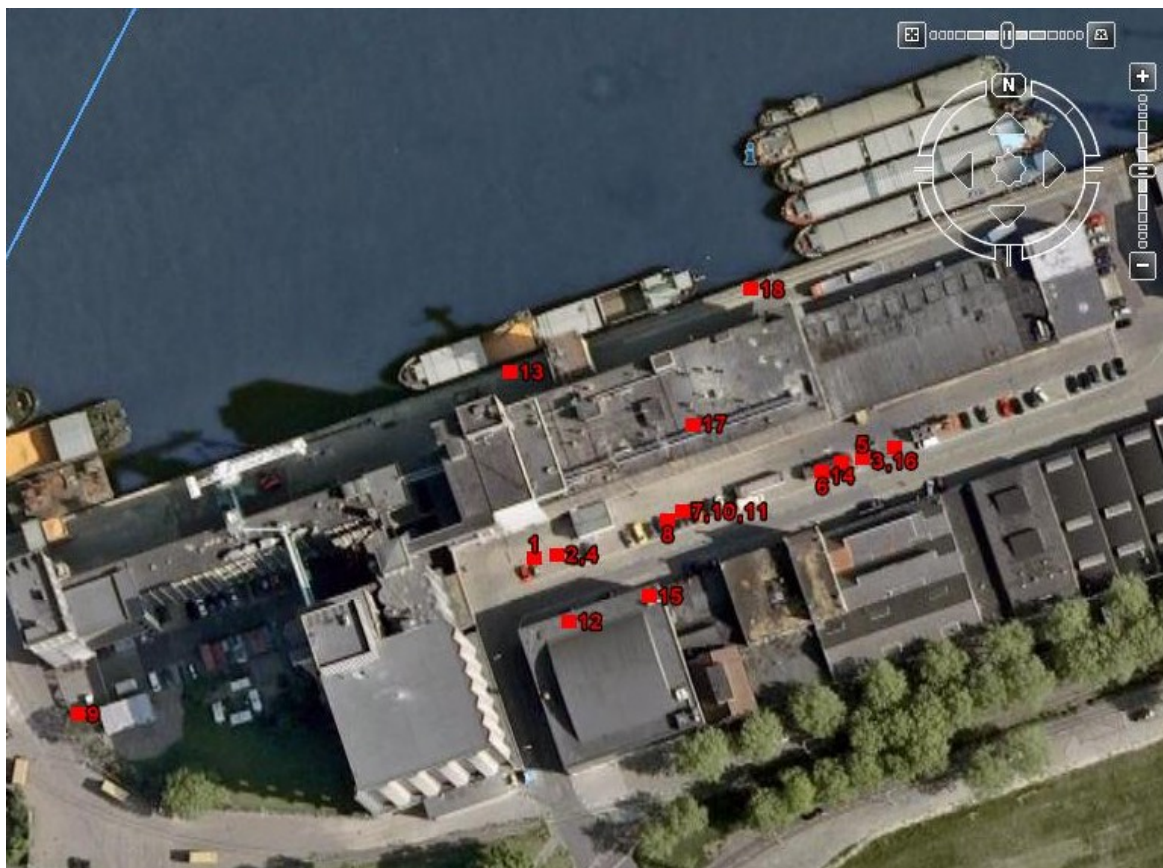
Bron: www.knmi.nl

3.4 Meetlocaties en tijdsinzet

De windrichting beïnvloedt de keuze van de meetlocaties. Aan de hand van de windrichtingen werd elke dag een nieuwe meetopstelling bepaald. Gezien de lage windsnelheid (vrijwel windstil op zaterdag

en zondagochtend) en de wervelingen rondom het gebouw (het gebouw heeft verschillende hoogtes) zijn de windrichtingen ter plekke niet continu en eenduidig geweest.

Op vrijdag is de Gasmet FTIR opgesteld aan de westzijde, op zaterdag iets meer naar het midden (oost van de locatie op vrijdag) en op zondag is deze aan de oostzijde van het gegaste gebouw geplaatst. Alle dagen ten zuiden van het gegaste gebouw. De meetopstellingen van alle meetapparatuur is weergegeven in Figuur 9.



Figuur 9: Meetlocaties tijdens de gassing met sulfurylfluoride.

Legenda Figuur 9:

- | | |
|---|---|
| 1. Gasmet FTIR op vrijdag 26 september | 10. Tedlar bag op zaterdag 27 september |
| 2. Canister op vrijdag 26 september | 11. Tedlar bag op zaterdag 27 september |
| 3. Canister op vrijdag 26 september | 12. Canister op zaterdag 27 september |
| 4. Tedlar bag op vrijdag 26 september | 13. Canister op zaterdag 27 september |
| 5. Tedlar bag op vrijdag 26 september | 14. Gasmet FTIR op zondag 28 september |
| 6. Tedlar bag op vrijdag 26 september | 15. Canister op zondag 28 september |
| 7. Gasmet FTIR op zaterdag 27 september | 16. Canister op zondag 28 september |
| 8. Canister op zaterdag 27 september | 17. Canister op zondag 28 september |
| 9. Canister op zaterdag 27 september | 18. Gasmet FTIR op maandag 29 september |

De gassing is op vrijdagavond om 18.00 uur gestart. De ontgassing is op zondagmiddag om 12.00 uur gestart. Op maandag ochtend rond 9.00 uur was het gebouw bijna gasvrij² op een aantal locaties na, zoals de meetkamer en enkele dode hoeken in het hoge gebouw. Tabel 2 geeft een overzicht van de acties en fasen van het gassingstraject in de tijd. De locatienummers in de vierde kolom komen overeen met de nummers uit Figuur 9.

² Concentraties in het gebouw lager dan 3 ppm

Tabel 2: Detail informatie acties tijdens de gassing met sulfurylfluoride.

Datum	Tijdstip	Meet-apparatuur	Locatie en typering	Opmerkingen
Vrijdag	16.00-24.00u	Gasmet FTIR	Locatie 1. Op 10 meter lijn aan zuidwest van gebouw tegenover de silo	Start van FTIR 2 uur voordat de gassing begint.
	18.00-20.30u Inbreng gas door gassingsleider			
	21.00u	Canister en Tedlar bag	Locatie 2, 4. Op 10-meterlijn aan zuidwest kant van het gebouw en 2 meter rechts van FTIR op vrijdag	Tijdens stabilisatieperiode
	21.15-21.25u	Canister en Tedlar bag	Locaties 3 en 5. Op 10-meterlijn aan zuidoostkant van het gebouw en 3 meter rechts van FTIR op zaterdag	
	21.30u	Tedlar bag	Locatie 6. Op 10 meter lijn aan zuidoostkant van het gebouw en links van FTIR op zondag	
	Vrijdagavond en zaterdagochtend: Enkele bijgassingen door gassingsleider vanwege lekkages			
Zaterdag	9.00-24.00u	Gasmet FTIR	Locatie 7. Op 10-meterlijn aan in het midden aan de zuidkant van gebouw	Verzadiging van het gebouw met het gas en enkele bijgassingen vanwege lekkages.
	9.00u	Canister	Locatie 8. Op 10-meterlijn aan zuid kant en in het midden van het gebouw en op dezelfde locaties als de FTIR op zaterdag	
	9.45u	Canister	Locatie 9. Op de parkeerplaats van de fabriek aan zuidwestkant van het gegaste gedeelte	
	10.30u	Canister	Locatie 12. Aan zuidkant van het gebouw tegenover het silogedeelte, op het dak van het naastgelegen gebouw (westzijde)	
	22.30-22.35u	Twee Tedlar bags	Locaties 10 en 11. Op 10-meterlijn aan zuidkant van het gebouw naast de FTIR op zaterdag	De Spectros toonde hoge waarden (20 ppm bij de meetwagen aan noordzijde). RIVM heeft pieken > 3 ppm gemeten met FTIR op de 10-meterlijn aan zuidzijde.
	22.15u	Canister	Locatie 13. Op 10-meterlijn aan noordkant (waterkant) van het gebouw en 5 meter rechts van de meetwagen van de gassingsleider	
	24.00u VROM-Inspectie heeft besloten dat de gassingsleider niet meer mag bijgassen vanwege de hoge meetwaarden met Spectros en van het RIVM, slechte weersomstandigheden voor ontgassen (geen wind en mist op komst) en eventuele risico's op gevaarlijke situaties.			

Datum	Tijdstip	Meet-apparatuur	Locatie en typering	Opmerkingen
Zondag	9.50-24.00u	Gasmet FTIR	Locatie 14. Op 10-meterlijn aan zuidoostkant van gebouw	
	12.48u <i>Start ontgassing door gassingsleider door het openen van het mangat op 5^e verdieping van het gebouw</i>			
	12.35u	Canister	Locatie 15. Aan zuidkant van het gebouw tegenover het silogedeelte, op het dak van het naastgelegen gebouw (oostzijde)	Start van de ontgassing
	12.42u	Canister	Locatie 16. Op 10-meterlijn aan zuidoostkant van het gebouw en 4 meter rechts van FTIR op zaterdag	
	12.45u	Canister	Locatie 17. Op het dak van het gegaste gebouw 10 meter zuidoost van het mangat op vijfde verdieping	Bij start van de ontgassing; canister is opengedraaid door gassingsleider direct na het openen mangat
	17.00u <i>Gassingsleider opent de twee deuren op de zesde en tiende verdieping</i>			
	20.10u <i>Gassingsleider opent klein luik en een deur op begane grond aan noordzijde om de ontgassing te versnellen</i>			
	22.00u <i>Gassingsleider opent de ventilatiekanalen, een deur aan noordzijde nabij gasinlaat op begane grond en de garagepoort van het niet gegaste gedeelte aan noordoostkant van gegaste gebouw</i>			
Nacht van zondag op maandag	23.00-8.15u	Gasmet FTIR	Locatie 18. Op de 10-meterlijn aan noordoostkant van gebouw (waterkant)	De FTIR is aan de noordzijde van gebouw geplaatst om meetapparatuur onbemand door te kunnen laten meten gedurende de nacht

4 Meetresultaten

4.1 Canisters en Tedlar bags

Tabel 3 toont de resultaten van de metingen met de canisters. Het betreffen 2-uur-gemiddelde concentraties en bijna alle resultaten lagen beneden de acute grenswaarde van 3 ppm. Alleen canister op de locatie 17 gaf een concentratie van 3,9 ppm sulfurylfluoride. Dit is een overschrijding van de grenswaarde van 3 ppm. De locatie van deze canister was het dak van het bedrijfsgebouw, 10 meter zuidoost van het mangat op de vijfde verdieping. Dit mangat ging als eerste open bij de ontgassing op zondagmiddag om 12.00 uur. Deze locatie was gekozen om te kunnen meten welke concentraties vrijkwamen op hetzelfde niveau van en op een afstand van 10 meter tot het ventilatieluik. Op deze locatie (locatienr. 17; Figuur 9) vond dus geen blootstelling plaats, omdat het gebouw voor niemand toegankelijk was tijdens de (ont)gassing.

Canister op locatie 13, naast de meetwagen van de gassingsleider aan noordzijde, gaf een licht verhoogde concentratie sulfurylfluoride (1,5 ppm), maar deze concentratie was beneden de grenswaarde van 3 ppm. Op zaterdagavond was, net voor de start van de meting met deze canister, door de gassingsleider op dezelfde locatie een concentratie van ongeveer 20 ppm gemeten met de Spectros. De locatie werd toen direct door alle aanwezigen verlaten.

Tabel 3: Resultaten metingen met de canisters, 2-uur-gemiddelde sulfurylfluorideconcentraties.

Locatie	Typering locatie	Dag en tijdstip start meting	Concentratie sulfurylfluoride (ppm)
Locatie 2	Op 10-meterlijn aan zuidwest kant van het gebouw en 2 meter rechts van FTIR op vrijdag	Vrijdag 21.00u	0,22
Locatie 3	Op 10-meterlijn aan zuidoostkant van het gebouw en 3 meter rechts van FTIR op zaterdag	Vrijdag 21.15u	0,023
Locatie 8	Op 10-meterlijn aan zuid kant en in het midden van het gebouw en op dezelfde locaties als de FTIR op zaterdag	Zaterdag 9.00u	< 0,004
Locatie 9	Op de parkeerplaats van de fabriek aan zuidwestkant van het gegaste gedeelte	Zaterdag 9.45u	0,016
Locatie 12	Aan zuidkant van het gebouw tegenover het silogedeelte, op het dak van het tegenoverliggende gebouw (westzijde)	Zaterdag 10.30u	0,07
Locatie 13	Op 10-meterlijn aan noordkant (waterkant) van het gebouw en 5 meter rechts van de meetwagen van de gassingsleider	Zaterdag 22.15u	1,5
Locatie 15	Aan zuidkant van het gebouw tegenover het silogedeelte, op het dak van het tegenoverliggende gebouw (oostzijde)	Zondag 12.35u	0,2
Locatie 16	Op 10-meterlijn aan zuidoostkant van het gebouw en 4 meter rechts van FTIR op zaterdag	Zondag 12.42u	0,3
Locatie 17	Op het dak van het gegaste gebouw 10 meter zuidoost van het mangat op vijfde verdieping	Zondag 12.45u	3,9

Interessant was de gemeten concentratie sulfurylfluoride op het dak van het tegenoverliggende gebouw op 30 meter afstand (nr. 15; Figuur 9). Hier werd tijdens het ontgassen een concentratie van 0,2 ppm gemeten. Dit ligt weliswaar beneden de grenswaarde, maar omdat de meting een 2-uur-gemiddelde

betreft, is het niet uit te sluiten hier vele hogere concentraties voorgekomen zijn. De verwachting was dat hier helemaal geen sulfurylfluoride gemeten zou worden gezien de grote afstand tot het gegaste object (> 30 meter) en de vrij lage windsnelheid. Het gas is waarschijnlijk in vlagen over deze plek gekomen en het is daarom niet uit te sluiten dat gedurende enkele minuten op een afstand van 30 meter de grenswaarde van 3 ppm is overschreden. Een twee uurgemiddelde concentratie van 0,2 ppm houdt namelijk in dat er 1 minuut een concentratie geweest kan zijn van 24 ppm (en verder concentraties van nul), of twee minuten 12 ppm, enzovoort tot twee uur lang de gemiddelde concentratie 0,2 ppm is.

Tabel 4 toont de resultaten van de Tedlar bags. Alle gemeten concentraties lagen beneden de grenswaarde van 3 ppm. De hoogst gemeten waarde van 0,14 ppm sulfurylfluoride was gemeten op vrijdagavond om 21.00 uur (locatie 4). De Tedlar bag van zaterdagavond om 21.25 uur (nr. 5; Figuur 9) gaf een waarde beneden de detectiegrens van de GC/MS (< 0,004 ppm).

Tabel 4: Resultaten metingen met de Tedlar bags.

Locatie	Typering locatie	Dag en tijdstip meting	Concentratie sulfurylfluoride (ppm)
Locatie 4	Op 10-meterlijn aan zuidwest kant van het gebouw en 2 meter rechts van FTIR op vrijdag	Vrijdag 21.00u	0,14
Locatie 5	Op 10-meterlijn aan zuidoostkant van het gebouw en 3 meter rechts van FTIR op zaterdag	Vrijdag 21.25u	< 0,004
Locatie 6	Op 10-meterlijn aan zuidoostkant van het gebouw en links van FTIR op zondag	Vrijdag 21.30u	0,023
Locatie 10	Op 10-meterlijn aan zuidkant van het gebouw naast de FTIR op zaterdag	Zaterdag 22.30u	0,015
Locatie 11	Op 10-meterlijn aan zuidkant van het gebouw naast de FTIR op zaterdag	Zaterdag 22.35u	0,008

4.2 Gasmet FTIR

Vanwege de detectiegrens van de Gasmet FTIR (1,5 ppm) geldt voor alle meetresultaten dat alleen bij concentraties groter dan 1,5 ppm met zekerheid geconcludeerd kan worden dat sulfurylfluoride in de lucht aanwezig was. In Bijlage 2, Figuren B1 tot en met B4, worden alle meetmomenten van de Gasmet FTIR gedurende het hele weekend weergegeven.

Alle meetresultaten van de Gasmet op vrijdag van 16.30-23.00 uur lagen beneden de detectiegrens van 1,5 ppm. Er zijn geen overschrijdingen van de grenswaarde buiten de 10-meterzone vastgesteld.

De metingen op zaterdag zijn uitgevoerd tussen 9.00-24.00 uur. Er is met name op locatie 7 gemeten en zo nu en dan langs de 10-meterlijn van west naar oost. Op zaterdag werd de grenswaarde van 3 ppm zestien keer overschreden gedurende enkele minuten (Tabel 5). De concentraties in de ochtend lagen beneden de detectiegrens van 1,5 ppm. Vanaf twaalf uur 's middags liep de concentratie sulfurylfluoride langzaam op richting 2,5 ppm en tussen half vier en zes uur werden 9 overschrijdingen (maximaal enkele minuten) gemeten. Op zaterdagmiddag tegen half vier werd gedurende 2 minuten de grenswaarde van 3 ppm op de 10-meterlijn overschreden tot een concentratie van 3,5 ppm. Net voor vijf uur 's middags werd de grenswaarde nogmaals overschreden gedurende 3 minuten. De maximaal gemeten concentratie sulfurylfluoride gedurende deze periode was 3,3 ppm. Vervolgens werden ook om 17.12 uur en om 17.52 uur overschrijdingen gemeten gedurende 1 minuut met concentraties van

respectievelijk 4,1 ppm en 3,8 ppm. Na 17.30 uur nam de concentratie weer langzaam af en na 19.30 uur lag de concentratie weer beneden de detectiegrens van 1,5 ppm. Vanaf 20.30 uur ging de concentratie echter weer plotseling omhoog richting de 3 ppm en gedurende een half uur zijn waarden tussen 2,0 ppm en 2,5 ppm gemeten. Tegen 22.30 uur werd de grenswaarde weer enkele malen overschreden. Gedurende 7 minuten was op de 10-meterlijn de concentratie boven de grenswaarde, met een maximum van 4,8 ppm. Daarna is ze weer gezakt en bleef schommelen tussen 1,0 en 2,7 ppm. Ook aan de noordzijde van het gegaste gebouw werd met de Spectros door de gassingsleider op zaterdagavond rond 20.30 uur overschrijdingen van de grenswaarde geconstateerd (concentraties tot 20 ppm). Tijdens de overschrijdingen was in het silogedeelte aan de westkant van het gegaste gebouw door de gassingsleider een aantal lekkages geconstateerd.

De metingen op zondag vonden plaats tussen 10.00-24.00 uur. Het merendeel van de dag heeft het RIVM op locatie 14 gemeten op de 10-meterlijn. Ook op zondag werd af en toe met de Gasmet langs deze lijn gelopen, ten zuiden van het gegaste gebouw en van westelijke naar oostelijke richting. De ontgassing werd vanwege de ongunstige weersomstandigheden (windstil en veel mist) pas om 12.00 uur gestart. Dit was vier uur later dan gepland in het gassingsplan. De concentraties sulfurylfluoride toonden een stijgende lijn vanaf de start van de ontgassing. Overschrijdingen van de grenswaarde werden rond 13.30 uur 's middags gemeten (gedurende 2 minuten) en de concentraties waren tussen 3,0 en 3,4 ppm (Tabel 5). Daarna daalde de concentratie weer tot beneden de 3 ppm. Van 15.00 uur tot 20.30 uur stond de Gasmet aan de kadekant (noordzijde, nr. 18; Figuur 9). De reden van het verplaatsen was dat de Gasmet en bijbehorende laptop niet onbemand achtergelaten kon worden en de gassingsleider was te allen tijde aanwezig aan de kadekant. Voor de nieuwe opstelling van de Gasmet FTIR aan de noordzijde werd weer rekening gehouden met de windrichting. De gemeten concentraties op deze locatie waren alle beneden de detectiegrens van de FTIR (tussen 0,5 ppm en 1,0 ppm). Om 21.00 uur werd de Gasmet weer verplaatst naar de zuidkant van het gebouw; ook hier werden vanaf dat tijdstip alleen concentraties beneden de detectiegrens gemeten (< 1,5 ppm). Om middernacht werd de Gasmet wederom verplaatst naar de noordzijde van het gebouw om daar de hele nacht het verloop van de concentraties op 10 meter afstand van het gebouw te meten (locatie 18). De gemeten concentraties sulfurylfluoride in de nacht van zondag op maandag lagen allen beneden de detectiegrens van de FTIR (< 1,5 ppm). Op maandag om 8.30 uur werden de metingen voor dit project beëindigd.

Kortom, de meetresultaten van de Gasmet FTIR toonden 17 overschrijdingen van de grenswaarde van 3 ppm op een afstand van 10 meter rondom het gebouw en daarbuiten (Tabel 5).

Tabel 5: Resultaten metingen met de Gasmet FTIR waarbij de concentraties sulfurylfluoride > 3 ppm.

Datum	Tijdstip (uur)	Concentratie Sulfurylfluoride (ppm)	Meetlocatie
Zaterdag 27-9-2008	15:24	3,0	Locatie 7. Op 10-meterlijn aan in het midden aan de zuidkant van gebouw
	15:25	3,5	
	15:26	3,3	
	16:54	3,0	
	16:58	3,3	
	16:59	3,3	
	17:12	4,1	
	17:52	3,8	
	22:26	4,0	
	22:27	4,1	
	22:28	4,2	
	22:29	4,8	
	22:30	4,4	
	22:31	4,3	
	22:32	3,1	
Zondag 28-9-2008	13:27	3,4	Locatie 14. Op 10-meterlijn aan zuidoostkant van gebouw, andere positie dan zaterdag vanwege andere windrichting
	13:30	3,0	

4.3 Spectros

Naast eigen meetapparatuur heeft het RIVM ter plekke ook met de Spectros verschillende metingen uitgevoerd. Het RIVM kreeg het apparaat in bruikleen van de gassingsleider. Met dit apparaat heeft het RIVM metingen verricht op de veiligheidszone van 10 meter en daarbuiten. De resultaten lagen in lijn met de metingen van de Gasmet FTIR; grotendeels beneden de grenswaarde. Maar ook met dit apparaat werden overschrijdingen op een afstand van 10 meter tot het gebouw en daarbuiten gemeten. De maximaal gemeten concentratie met de Spectros was 4 ppm.

5 Discussie

Resultaten

Metingen met de Gasmet FTIR toonden overschrijdingen van de grenswaarde op en buiten de 10-meterzone. Het gaat om meerdere overschrijdingen gedurende enkele minuten. Deze traden op zowel tijdens het bijgassen als het ontgassen. De maximaal gemeten concentratie was 4,8 ppm sulfurylfluoride.

Metingen met de Tedlar bags en canisters toonden geen overschrijdingen van de grenswaarde op en buiten de 10-meterzone op leefniveau. Wel interessant waren de metingen met de canisters die uitgevoerd waren op het dak van het tegenoverliggende gebouw (> 30 meter afstand) en op de vijfde verdieping van het gegaste gebouw zelf (met eenzelfde hoogteniveau als het ventilatieluik). Deze metingen toonden aan dat op afstanden groter dan 10 meter concentraties voorkwamen die hoger waren dan de grenswaarde. Dit duidt erop dat voorzichtigheid gewenst is bij gassing van gebouwen. Met name lage gebouwen waar de luchttoevoer en –afvoer laag gelegen zijn (leefniveau). Te denken valt aan een gebouw met slechts enkele verdiepingen, zoals een laag fabrieksgebouw of -hal, een kerk of een boerderij.

De klimatologische omstandigheden en verspreidingscondities waren gedurende het hele weekend niet optimaal voor het uitvoeren van de gassing en ontgassing. De windrichtingen waren gunstig voor de positie van de meetapparatuur (oost, noord, west), maar niet eenduidig. Dit heeft ertoe geleid dat het onmogelijk was te allen tijde de juiste posities voor de meetapparaten te kiezen. Het is daarom niet uit te sluiten dat hogere waarden dan 4,8 ppm opgetreden zijn, maar niet vastgelegd met de meetapparatuur.

De 10-meterzone

In het gebruiksvoorschrift van sulfurylfluoride staat dat bij overschrijding van de grenswaarde van 3 ppm direct een duidelijk hoorbare alarmering dient plaats te vinden waarna alle personen zonder onafhankelijke adembescherming onmiddellijk de directe omgeving van de gassingslocatie moeten verlaten. Indien de juiste voorzorgsmaatregelen worden gehanteerd, is volgens het Ctgb het risico voor omwonenden, voorbijgangers en werkers bij gegaste gebouwen nihil.

De metingen van het RIVM toonden dat de grenswaarde van 3 ppm op 10 meter afstand tot het gegaste gebouw en daarbuiten meerdere malen overschreden werd. Dit is volgens het gebruiksvoorschrift niet toegestaan. Deze proefgassing voldeed zodoende voor wat betreft de afstandseis van 10 meter niet aan de veiligheid voor gassing met sulfurylfluoride zoals vastgelegd in het gebruiksvoorschrift.

Een voor de hand liggende reactie is het vergroten van de veilige afstand. Op basis van het huidige onderzoek echter kan geen antwoord gegeven worden op de vraag wat dan wel een veilige afstand is. Hiervoor zal nieuw onderzoek uitgevoerd moeten worden waarin metingen op verschillende afstanden plaatsvinden.

Bij overschrijdingen van de grenswaarde op zaterdagavond heeft de VROM-Inspectie actie ondernomen en heeft besloten dat de gassingsleider moest stoppen met het inbrengen van meer gas om de veiligheid voor de omgeving te waarborgen. Hieruit bleek het nut van het toezicht door de overheid op de uitvoering van deze gebouwassing met sulfurylfluoride. Het besluit geen gasinjecties meer het gebouw in te brengen werd genomen nadat het RIVM concentraties tot 4,8 ppm gemeten had aan de oostzijde en de gassingsleider tegelijkertijd concentraties tot 20 ppm aan de westzijde, beide metingen

op 10 meter afstand van het gegaste gebouw. Mogelijke oorzaken van de overschrijdingen waren de zeer hoge concentraties in het gebouw in combinatie met een lekkage op grote hoogte in het silogedeelte aan de westkant van het gegaste gebouw. Waarschijnlijk heeft ook een ondergrondse verspreiding van het gas via riolering bijgedragen aan de hoge concentraties die door de gassingsleider aan de westkant van het gebouw gemeten werden. Hierdoor hadden alle partijen extra aandacht voor de ontgassingfase die de volgende dag volgde. De ontgassing van het gebouw was later van start gegaan dan gepland vanwege ongunstige weersomstandigheden op het geplande tijdstip (zeer lage windsnelheid en veel mist). Verder is de ontgassing in de eerste fasen met name alleen via de hoogst gelegen ventilatie openingen verlopen en zijn vaker controlemetingen uitgevoerd binnen de veiligheidszone. Het gasplan is dus aangepast op de heersende situatie op dat moment. Vooraf was niet inzichtelijk welke voorzorgsmaatregelen men ging nemen bij overschrijdingen van de grenswaarde. Het RIVM vindt het verstandig voorafgaand aan een gassing duidelijk te hebben wat de mogelijkheden, belemmeringen en consequenties van de te nemen acties voor de omgeving zijn bij een overschrijding van de grenswaarde op en buiten 10-meterzone (bijvoorbeeld vergroten van de veiligheidszone). Het lijkt verstandig om dit soort acties al in het gassingsplan op te nemen.

Spectros

Over de bruikbaarheid van de Spectros voor het toetsen aan de grenswaarde kan het RIVM het volgende opmerken. Volgens de specificaties van de leverancier was het meetbereik 0-100 ppm met een nauwkeurigheid van 1 ppm. Bij het RIVM waren echter geen onafhankelijke onderzoeken bekend waarin de Spectros getest wordt op zijn validiteit en precisie. Het RIVM heeft, voordat de gassing plaatsvond, het instrument niet zelf kunnen testen. Maar tijdens het onderzoek heeft het RIVM het apparaat in bruikleen gekregen en hiermee metingen gedaan op de veiligheidszone en daarbuiten. De monitor leek snel te reageren op fluctuaties in concentraties. De meetresultaten van de Spectros lagen verder in lijn met de resultaten van de Gasmeter FTIR. Interferentie met andere gassen was volgens de leverancier niet te verwachten, maar in principe wel mogelijk. Het instrument verzamelde op gezette tijden 'nullucht'. Als daarin alle interfererende gassen aanwezig waren, werden deze automatisch afgetrokken. Als deze nullucht echter schoner was, dan is er wel interferentie opgetreden. Op basis van bovenstaande gegevens leek de Spectros geschikt voor metingen van lage concentraties sulfurylfluoride. Echter, het blijft momenteel onmogelijk om een onafhankelijk oordeel te geven over de betrouwbaarheid van dit apparaat. Hiervoor zal het RIVM onafhankelijke metingen moeten uitvoeren.

6 Conclusies

De VROM-Inspectie heeft het RIVM gevraagd metingen op en buiten de 10-meterzone uit te voeren tijdens het gassen en ontgassen van een bedrijfsgebouw met sulfurylfluoride. De resultaten van dit onderzoek leiden tot onderstaande conclusies:

1. De afstand van 10 meter bij gebouwgassing met sulfurylfluoride was voor deze uitgevoerde proefgassing niet voldoende.

Volgens het gebruiksvoorschrift van sulfurylfluoride zijn overschrijdingen van de grenswaarde van 3 ppm op en buiten de 10-meterzone niet toegestaan. Metingen toonden meerdere overschrijdingen op 10 meter afstand tot het gebouw en daarbuiten. De overschrijdingen duurden enkele minuten en de maximaal gemeten concentratie was 4,8 ppm. De overschrijdingen traden op zowel tijdens de injectiefase als de ventilatieperiode.

Tijdens het onderzoek bleek een goede voorbereiding en dito samenwerking van de betrokken partijen. Overschrijdingen van de grenswaarde werden onderling gecommuniceerd en zowel de gassing als de ontgassing verliep gefaseerd en gecontroleerd. Echter, meer aandacht is nodig voor mogelijke consequenties voor de omgeving indien de grenswaarde overschreden wordt, zoals het vergroten van de veiligheidszone. De aanwezigheid van de VROM-Inspectie tijdens de proefgassing bleek nodig. Het RIVM is van mening dat toezicht door de overheid nuttig is bij de beoordeling van zowel de gassingsplannen als de uitvoering van gassing en ontgassing van gebouwen met sulfurylfluoride. Het RIVM is verder van mening dat vooraf inzichtelijk moet zijn wat de mogelijkheden, belemmeringen en consequenties zijn van het nemen van maatregelen indien de grenswaarde overschreden wordt. Hierbij spelen onderstaande aandachtspunten een rol:

- Lekkages: in dit onderzoek hebben lekkages geleid tot overschrijdingen van de grenswaarde van 3 ppm buiten en op de 10-meterzone. Acties zijn dan geboden. Vooral bij lekkages op lage hoogten moeten direct maatregelen genomen worden, omdat deze de concentraties op leefniveau meer beïnvloed dan de lekkages op grote hoogte. Voorbeelden van maatregelen zijn het uitvoeren van meer controlemetingen om de veiligheidszone te waarborgen, het informeren van de toezichthouder, stoppen met toevoeren van gas, het aanpassen van het plan van ontgassing, het vergroten van de veiligheidszone. Een dergelijk actieplan zou vooraf aan de gassing in het gassingsplan opgenomen moeten worden.
- Gassing van lage gebouwen: houd rekening met luchttoevoer en -afvoer van omliggende (eveneens lage) gebouwen. De meting uitgevoerd met de canister op het dak van de fabriek, toont aan dat overschrijding van de grenswaarde op 10 meter afstand niet uit te sluiten was. Bij gassing van lage gebouwen kan hiervan sprake zijn. Bijvoorbeeld bij boerderijen, kerken en lage industriële gebouwen. Het RIVM benadrukt dat voorzichtigheid gewenst is bij zowel de gassing als ontgassing van lage gebouwen. Het zeer belangrijk om deze fase gecontroleerd en gedoseerd te laten plaatsvinden. Dit gebouw was hoog met ventilatieluiken op grote hoogte, waardoor de ontgassing via een schoorsteeneffect verliep en het gas vrijwel direct op grote hoogte in de atmosfeer terechtkwam. Maar bij lage gebouwen zal de ventilatie naar verwachting via deuren, poorten of luiken dichtbij of op begane grond plaatsvinden waardoor de kans groot is dat het gas zich op leefniveau verspreid. Bij deze lage gebouwen zal naar verwachting geen sprake zijn van dit schoorsteeneffect. Hoe een (ont)gassing van laagbouw precies zal verlopen, zal nader onderzocht moeten worden.
- Omgevingsituatie: het is van belang de omgevingsituatie te kennen en te weten of er woningen en/of bedrijven in de directe omgeving van de 10-meterzone zijn. Inzicht in de

consequenties van de aanpassing van de veiligheidszone (bij overschrijdingen van de grenswaarde) is gewenst. Belangrijk is de focus op de hele omgeving, zoals de hoger gelegen bouwdelen, luchtinlaat en –afvoer op daken van deze naastgelegen gebouwen en ook mogelijkheden tot ondergrondse verspreidingen van het gas naar omliggende woningen/bedrijven (bijvoorbeeld via rioleringen).

- Klimatologische omstandigheden: zoals ook in het gebruiksvoorschrift staat, moet men op de hoogte zijn van de klimatologische omstandigheden gedurende de hele periode van (ont)gassing en hierop anticiperen.

2. De Spectros lijkt een geschikt instrument voor metingen van lage concentraties sulfurylfluoride in de lucht.

Bij het RIVM waren geen onafhankelijke onderzoeken bekend waarin de Spectros getest werd op de validiteit en precisie. Het RIVM had voordat de gassing plaatsvond het instrument niet zelf kunnen testen. Maar tijdens het onderzoek heeft ze het apparaat in bruikleen gekregen en de monitor leek snel te reageren op fluctuaties in concentraties. De meetresultaten van de Spectros lagen verder in lijn met de resultaten van de Gasmeter FTIR. Interferentie met andere gassen was volgens de leverancier niet te verwachten, maar in principe wel mogelijk.

Het meetapparaat Spectros leek daarom een geschikt meetinstrument voor sulfurylfluoride. Het is momenteel echter niet mogelijk om een onafhankelijk oordeel te geven over de betrouwbaarheid van dit apparaat. Hiervoor zal het RIVM onafhankelijke metingen moeten uitvoeren.

7 Aandachtspunten

Op basis van deze proefgassing is het RIVM van mening dat toezicht nuttig is bij de beoordeling van gassingsplannen en de uitvoering van (ont)gassing(en). De overheid dient er onder meer op toe te zien dat:

1. Er een goede voorbereiding is van de gassing en ook een goede samenwerking tussen de betrokken partijen.
2. De ontgassing zorgvuldig en gefaseerd gebeurt, wat onder andere inhoudt dat er zoveel als mogelijk eerst hoge ventilatiepunten geopend worden en langzaam via steeds lager gelegen punten geventileerd wordt.
3. Er voldoende tijd genomen wordt voor de ontgassing en dat er niet vanuit productiedruk wordt besloten tot een snellere ontgassing dan in het gassingsplan opgenomen.
4. Er afspraken gemaakt worden over wat te doen in geval van afwijkende situaties, zoals mogelijk lekkage uit een onder gas staand gebouw. Hiervan moet ten minste de toezichthouder direct op de hoogte worden gesteld. Daarna zijn ter bespreking verschillende opties mogelijk, zoals vergroting van de veiligheidszone, niet meer bijgassen, via alternatieve openingen ontgassen en meer metingen verrichten op en buiten de veiligheidszone.
5. Er vooraf gekeken wordt welke mogelijkheden, belemmeringen en consequenties er zijn (voor de omgeving) indien de veiligheidszone opeens vergroot moet worden.
6. Er bij het (ont)gassen van hoge gebouwen een meetplan moet zijn voor het controleren van (hoge) naastgelegen panden waar burgers kunnen komen of waar ventilatielucht wordt aangezogen. Dit dient het geval te zijn indien deze naastgelegen panden tussen 10 en 50 meter afstand liggen van het gegaste gebouw. Dit is des te meer van belang indien lekkages uit het onder gas staande gebouw te verwachten zijn, maar ook tijdens de ontgassingsfase.
7. De gassingsleider regelmatig metingen uitvoert rondom het gegaste gebouw. Deze meetresultaten moeten achteraf aan de toezichthouder te overleggen zijn.
8. In de goedkeuring voor de gassing meegenomen dient te worden of ondergrondse verspreiding van de gassen mogelijk is (bijvoorbeeld via riolen).
9. Indien het een herhaalde gassing van hetzelfde gebouw betreft, de leerpunten van de vorige gassing(en) meegenomen moeten worden.

Het RIVM is verder van mening dat het nuttig is om verder onderzoek te doen bij andere (proef)gassing(en) met sulfurylfluoride waarbij de ontgassing op lagere hoogte moet plaatsvinden, en bij gassing(en) die onder andere weersomstandigheden plaatsvinden, zoals harde wind.

Literatuur

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Epidemiologic notes and reports fatalities resulting from sulfuryl fluoride exposure after home fumigation- Virginia, 1987. Morbidity and Mortality weekly Report (MMWR), 36 (36): 602-604, 609-611.

Ctgb, 2008. Gebruiksvoorschrift vikane/ sulfurylfluoride. Het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb), 8 februari 2008. Zie ook : www.ctgb.nl

Hahn A., Michalak H., Begemann K., Preußner K., Engler A., Brehmer W., Heinemeyer G., Gundert-Remy U., 2003. Ärztliche Mitteilungen bei Vergiftungen nach §16^e Chemikaliengesetz 2003.

Scheffrahn R.H., Osbrink W.L.A., Hsu R-C., Su N-Y., 1987. Desorption of residual sulfuryl fluoride from structural and household commodities by headspace analyses using gas chromatography. Bull. Environ. Contam. Toxicol, 39: 769-775.

Scheuerman E.H., 1986. Suicide by exposure to sulfuryl fluoride. J. of Forensic Sci, 31 (3): 1154-1158.

Schneir A.M.D., Clark R.F., Kene M., Betten D., 2008. Systemic fluoride poisoning and death from inhalational exposure to sulfuryl fluoride. Clin. Toxicol., 46: 850-854.

SGS Benelux/Sanitec, 2008. Gasplan 2008. Rotterdam.

Sulbaek Andersen M.P., Blake D.R., Rowland F.S., Hurley M.D., Wallington T.J., 2009. Atmospheric chemistry of sulfuryl fluoride: reaction with OH radicals, Cl atoms and O, atmospheric lifetime, IR spectrum, and global warming potential. Environ. Sci. Technol., 43 (4): 1067-1070.

Website: www.ansyco.de.

Betreft: Ansyco is een distributeur van het meetapparaat Spectros in Duitsland.

Website: www.dowagro.com

Betreft: Dow Agro Sciences.

Website: www.edialux.be

Betreft: invoerder Spectros SF ExplorIR, België.

Website: www.knmi.nl.

Betreft: Actuele weersomstandigheden Rotterdam weekend van 26-27-28 september 2008.

Bijlage 1 Toxicologisch profiel sulfurylfluoride

Met sulfurylfluoride (Vikane) is een groot aantal toxicologische studies uitgevoerd. Deze zijn beoordeeld ten behoeve van een Europese toelating als begassingsmiddel. Het onderstaande is vooral ontleend aan voorlopige overzichten zoals opgesteld in dat kader. Verdere beoordelingen van de toxiciteit van sulfurylfluoride zijn uitgevoerd door JMPR (2005) en US-EPA (2007). Dat laatste betrof afleiding van Acute Exposure Guideline Levels (AEGL's) voor de stof.

Sulfurylfluoride is een kleurloos gas dat naar verwachting vrijwel niet afbreekbaar is in lucht (geschatte halfwaardetijd in de atmosfeer 2,9 jaar). Na inademing wordt de stof langzaam opgenomen in de longen (absorptiepercentage 14% in de rat over 4 uur blootstelling aan 30 ppm, 125 mg/m³). Metabolisme bestaat uit hydrolyse tot fluorsulfaat waarbij fluoride vrijkomt. Uitscheiding vindt plaats in urine. De orale LD₅₀ bedraagt 100 mg/kg lg en de inhalatoire LC₅₀ 1668-4700 mg/m³ (4 uur blootstelling). Met de stof zijn diverse subacute inhalatiestudies (2 weken) uitgevoerd in muis, rat en hond. Waargenomen effecten in deze studies waren vacuolisering van het cerebrum en lokale irritatie en ontsteking in neus en ademhalingswegen, al dan niet in combinatie met groeivertraging. Deze effecten deden zich voor bij concentraties vanaf 100 ppm (417 mg/m³, toediening 6 uur per dag, 5 dagen/week). Convulsies traden op bij 600 ppm (2500 mg/m³) (rat). De NOAEL uit deze experimenten is 30 ppm (125 mg/m³). Na semichronische toediening in dezelfde species deden zich vergelijkbare effecten voor met daarnaast ook tandfluorose. Dit laatste wordt beschouwd als een toxicologisch minder belangrijk effect. De NOAEL uit de semichronische studies bedraagt 20 ppm (83 mg/m³) (hond) (toediening 6 uur/dag, 5 dagen/week).

Na chronische inhalatie was tandfluorose het gevoeligste effect in de rat met een NOAEL van 5 ppm (21 mg/m³). Chronische progressieve glomerulaire nefropathie en irritatie van ademhalingswegen traden op bij 80 ppm (333 mg/m³). De NOAEL voor toxische effecten bedroeg 20 ppm (83 mg/m³). In de muis werd na 18 maanden inhalatie toegenomen sterfte waargenomen bij de hoogste testconcentratie van 80 ppm (333 mg/m³). Dit effect houdt mogelijk verband met systemische amyloïdose die voorkwam in alle groepen, inclusief de controlegroep. Bij 80 ppm was verder in de schildklier hypertrofie van follikulaire epitheelcellen waarneembaar en geringe vacuolisering van het cerebrum. De NOAEL in deze studie was 20 ppm (83 mg/m³). In de beide chronische proeven werden geen aanwijzingen voor een carcinogene werking gevonden.

Het uitgevoerde genotoxiciteitsonderzoek wijst niet op potentie voor dit eindpunt.

De neurotoxiciteit van sulfurylfluoride werd onderzocht in een acute rattenstudie (2 dagen) en in een 13-wekenstudie in de rat. Daarnaast maakte een neurologische evaluatie van motorische functies (FOB) deel uit van de chronische rattenproef. In de 13-wekenstudie waren bij 300 ppm (1250 mg/m³, 6 uur/dag, 5 dagen/week) duidelijke elektrofysiologische hersenfunctie-afwijkingen waarneembaar in de vorm van vertraagde visueel, auditief en somatosensorisch opgewekte potentialen. Histopathologisch was lichte vacuolisering van het cerebrum aanwezig. Ook waren er klinische gedragsveranderingen en groeivertraging. Bij 100 ppm (417 mg/m³) waren de elektrofysiologische afwijkingen nog in lichte mate aanwezig. De NOAEL in deze studie was 30 ppm (125 mg/m³). Tijdens het chronische experiment was geen effect waarneembaar op motorische functies (NOAEL > 80 ppm). In de acute neurotoxiciteitsstudie in de rat was bij concentraties van 100 en 300 ppm geen effect waarneembaar op visueel, auditief en somatosensorisch opgewekte hersenpotentialen en evenmin op histopathologie in de hersenen (NOAEL 300 ppm, 1250 mg/m³).

Reproductietoxicologisch onderzoek liet geen effect zien op de reproductieprestatie. In de ouderdieren waren toxische effecten waarneembaar (alveolaire macrofagen, vacuolisering van het cerebrum, groeivertraging, tandfluorose) bij 20 en/of 150 ppm (NOAEL 5 ppm, 21 mg/m³). De jongen vertoonden verminderde groei bij 150 ppm (NOAEL 20 ppm, 83 mg/m³). In studies naar ontwikkelingstoxiciteit deed zich geen effect voor in de rat (hoogste testconcentratie 225 ppm) terwijl in het konijn geringe maternale toxiciteit en embryotoxiciteit waarneembaar waren bij 225 ppm (NOAEL 75 ppm, 312 mg/m³).

Voor acute blootstelling door omstanders bij begassing wordt in de EU-beoordeling een grenswaarde van 3 ppm (12 mg/m³) voorgesteld, afgeleid op basis van de acute NOAEL van 300 ppm uit de acute neurotoxiciteitsstudie in de rat (veiligheidsfactor 100). Op basis van een chronische inhalatoire NOAEL van 20 ppm (83 mg/m³) voor rat en muis werd een ADI voorgesteld van 0,014 mg/kg lg/dag. De NOAEL kwam overeen met een geschatte lichaamsdosis van 1,4 mg/kg lg/dag welk niveau vervolgens gedeeld werd door een veiligheidsfactor van 100. Voor werknemers wordt in de EU-beoordeling een grenswaarde van 1 ppm (4,17 mg/m³) voorgesteld, gebaseerd op een semichronische NOAEL van 100 ppm (417 mg/m³) (muis). Een Nederlandse arbeidstoxicologische beoordeling door de Gezondheidsraad leidde tot een voorgestelde grenswaarde van 2,4 ppm (10 mg/m³) gebaseerd op een NOAEL van 20 ppm (83 mg/m³).

US-EPA (2007) heeft voorstellen gedaan voor AEGL's voor sulfurylfluoride. Voor het AEGL-1 niveau, de geschatte drempel voor lichte effecten, waren geen geschikte data voorhanden. Ook voor het AEGL-2 niveau, de drempel voor ernstige effecten waren geen geschikte data beschikbaar. Gegeven de zeer steile dosis-responscurve voor sterfte met 0% sterfte bij 404 ppm en 100% sterfte bij 603 ppm (ratten, 4 uur blootstelling) konden AEGL-2 waarden berekend worden door de AEGL-3 te delen door een factor van 3. AEGL-3 is de geschatte drempel voor letaliteit bij de humane populatie. Uit een letaliteitsstudie in ratten met 4 uur blootstelling werd een BMCL₀₅ afgeleid van 383 ppm (1800 mg/m³). Deze werd vervolgens gedeeld door een extrapolatiefactor van 3 voor extrapolatie van dier naar mens en 3 voor gevoelige groepen binnen de humane populatie. Aldus resulteerde een 4-uurs-AEGL-3 van 38 ppm (160 mg/m³). Deze waarde werd vervolgens geëxtrapoleerd naar de overige standaard tijdsduren voor AEGL's. De berekende AEGL-2 voor 4 uur bedroeg 13 ppm (54 mg/m³). Extrapolatie naar 8 uur blootstelling leverde een AEGL-2 op van 6,3 ppm (26 mg/m³) voor deze blootstellingsduur.

Referenties

EU (2004) Sulfuryl fluoride DAR_08_Vol3_B6.

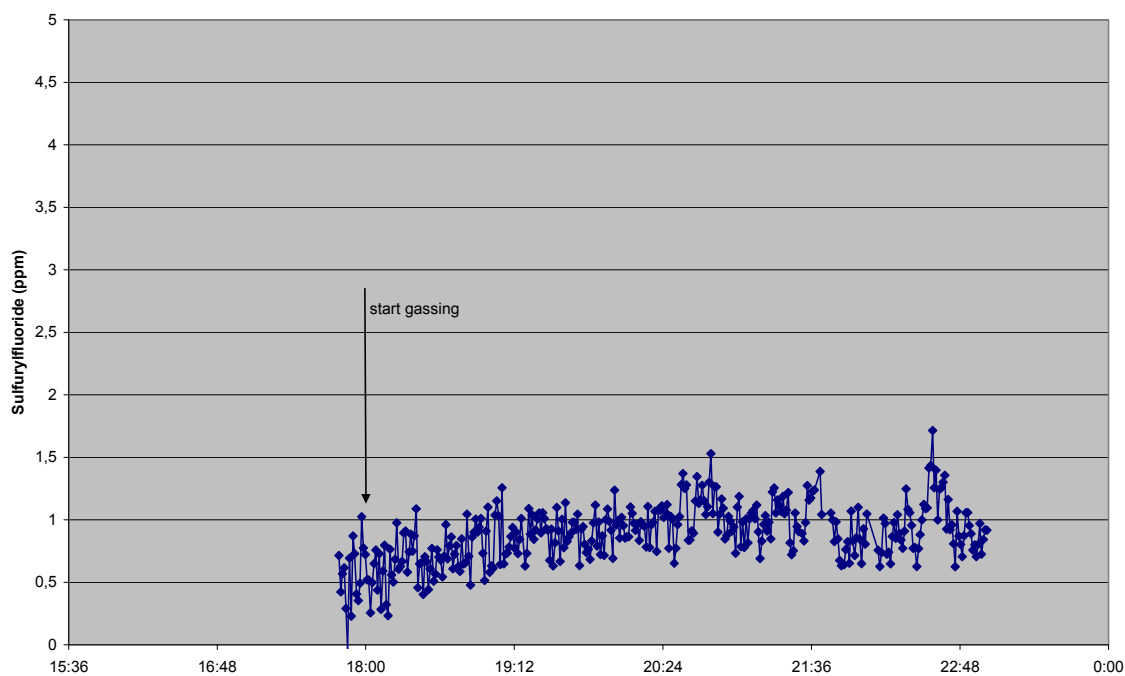
EU (2007) Listing of endpoints, updated May 2007.

Gezondheidsraad (2004) Sulphuryl difluoride (CAS No: 2699-79-8) Health-based Reassessment of Administrative Occupational Exposure Limits. No. 2000/15OSH/141 The Hague, November 9, 2004.

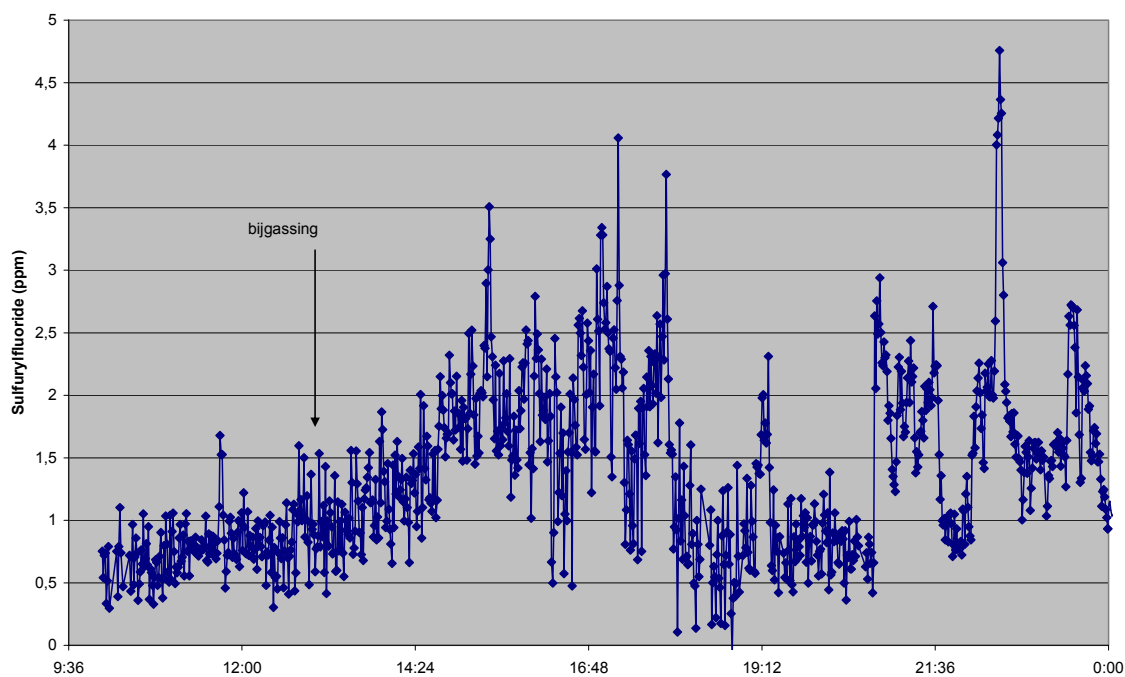
JMPR (2005) Sulfuryl fluoride. Monographs of toxicological evaluations. First draft prepared by S. Samuels, I. Dewhurst1 and A. Boobis. FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Residues 2005.

US-EPA (2007) Acute Exposure Guideline Levels for sulfuryl fluoride. NAC Draft version 1, November 2007

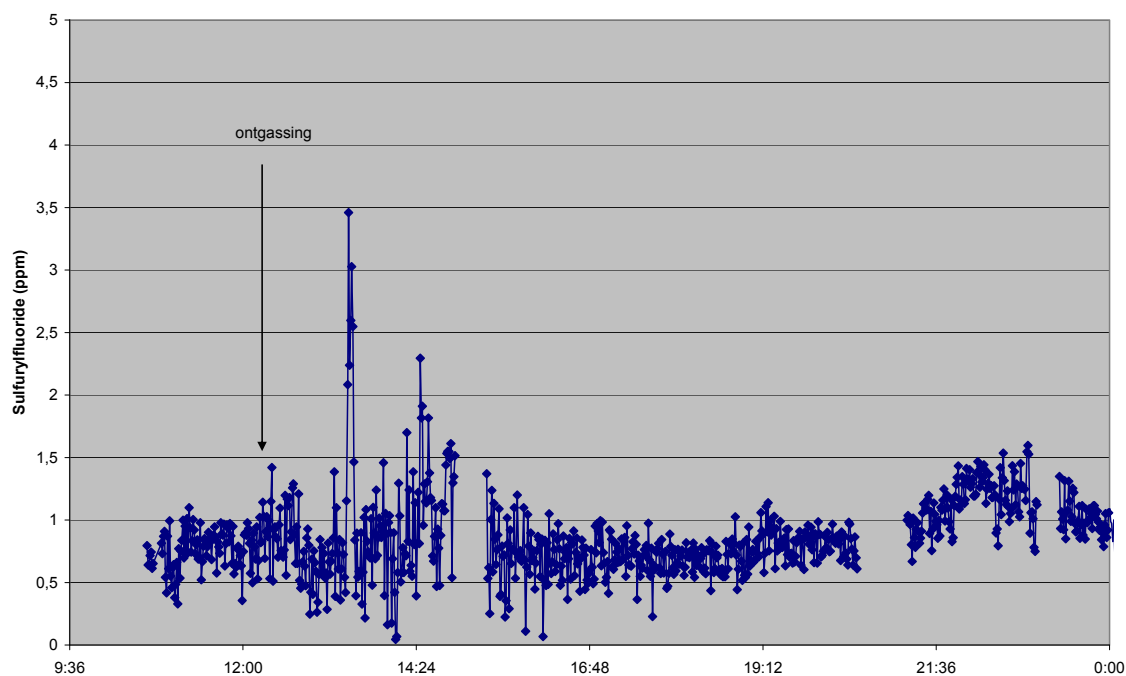
Bijlage 2 Resultaten Gasmet FTIR



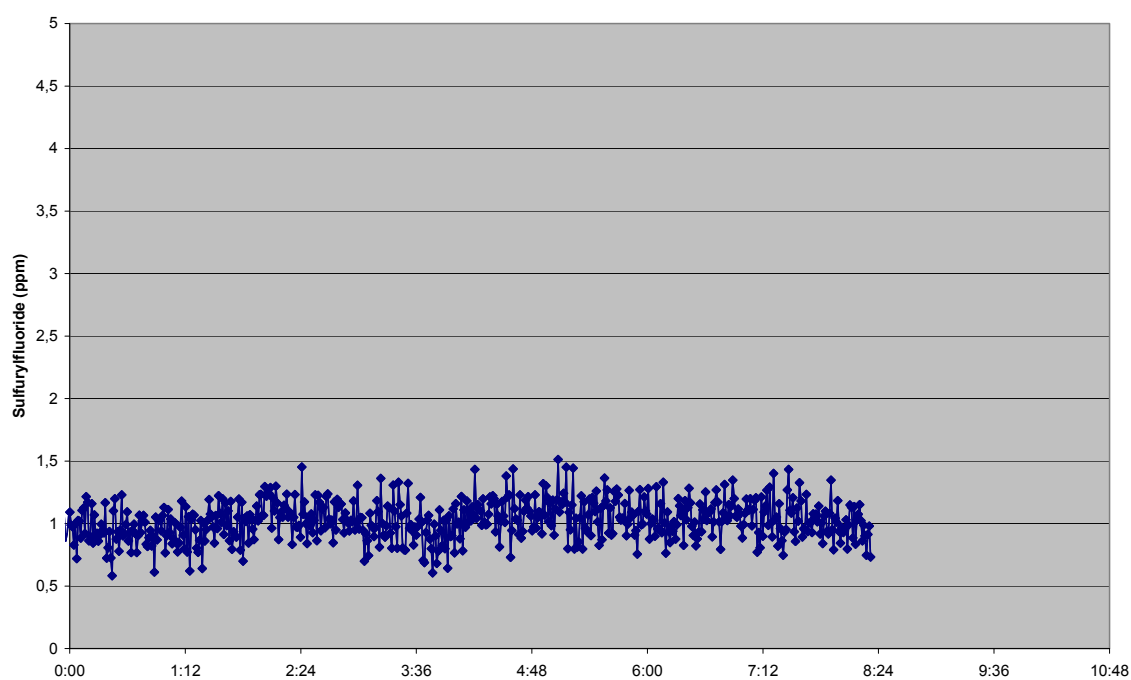
Figuur B1: Resultaten Gasmet FTIR vrijdag 26 september.



Figuur B2: Resultaten Gasmet FTIR zaterdag 27 september.



Figuur B3: Resultaten Gasmet FTIR zondag 28 september.



Figuur B4: Resultaten Gasmet FTIR maandag 29 september.

A solid yellow horizontal bar spanning the width of the page.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl