



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Biogaslekkage Coevorden
*Verspreidingsberekeningen en
gezondheidseffecten*

RIVM briefrapport 609400005/2012
W.I. Hagens | P.A.M. Heezen | W. ter Burg

**Dit briefrapport bevat een addendum,
achter in het document.**



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Biogaslekkage Coevorden

Verspreidingsberekeningen en gezondheidseffecten

RIVM Briefrapport 609400005/2012

W.I. Hagens | P.A.M. Heezen | W. ter Burg

Colofon

© RIVM 2012

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'.

Werner Hagens
Patrick Heezen
Wouter ter Burg

Contact:
Werner Hagens
centrum Gezondheid en Milieu
werner.hagens@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van GGD Drenthe, in het kader van ondersteuning GGD'en.

Rapport in het kort

In de nacht van 19 januari 2012 vond in Coevorden een lekkage plaats in een biovergister waardoor zich biogas in de omgeving verspreidde. Hierbij kwam zwavelwaterstof vrij, dat richting een nabijgelegen woonwijk dreef. Uit voorzorg zijn de bewoners van deze wijk direct geëvacueerd. Zij blijven echter bezorgd over de concentratie zwavelwaterstof. Naar aanleiding daarvan heeft de GGD Drenthe aan het RIVM gevraagd te onderzoeken in welke mate stoffen in de omgeving hebben verspreid.

Hinder

Volgens de verspreidingsberekening is de vrijgekomen hoeveelheid zwavelwaterstof relatief laag en van korte duur geweest. Blootstelling aan deze hoeveelheid is in principe niet schadelijk voor de gezondheid. Wel kunnen mensen klachten als hoofdpijn, misselijkheid en een wat moeizamere ademhaling hebben gehad. Zwavelwaterstof heeft namelijk al bij zeer lage concentraties een indringende en hinderlijke geur van rotte eieren. Bewoners hebben dergelijke klachten ook gemeld. Deze klachten verdwijnen na verloop van tijd.

Methode

De opdracht aan het RIVM is enkele maanden na het incident verstrekt. Het was niet mogelijk om nog metingen uit te voeren en de exacte omstandigheden na te bootsen. Daarom is uitgegaan van een scenario onder ongunstige condities waarbij binnen 10 minuten al het biogas is verspreid via een groot lek naar de omgeving.

Trefwoorden:

Biogas, vergisting, verspreidingsberekening, zwavelwaterstof

Samenvatting

Op 19 januari 2012 heeft er in Coevorden een incident plaatsgevonden met een biovergister. Tijdens dit incident is biogas ontsnapt en richting een woonwijk gedreven. De hulpdiensten hebben de woonwijk uit voorzorg ontruimd. In de nasleep van dit incident hebben bewoners van de woonwijk hun ongerustheid geuit tijdens verschillende bewonersavonden. Ze zijn vooral bezorgd over mogelijk hoge concentraties H₂S in de woonwijk.

De GGD Drenthe heeft het RIVM gevraagd om inhoudelijke ondersteuning te leveren over de eventuele gezondheidseffecten ten gevolge van een lekkage van biogas naar de omgeving. Het gaat hierbij voornamelijk over de effecten van zwavelwaterstof (H₂S) op de gezondheid. Deze informatie kan door de GGD Drenthe worden gebruikt om de omwonenden van de biogasinstallatie en de lokale overheden te informeren.

Er zijn verspreidingsberekeningen uitgevoerd. Echter, er is onvoldoende informatie beschikbaar om een scenario te definiëren dat als representatief voor de lekkage van 19 januari 2012 kan worden beschouwd. Als alternatief is een berekening uitgevoerd voor de verspreiding van H₂S in het geval van een "worst-case" situatie: een groot biogaslek. De resultaten van de verspreidingsberekening laten zien dat gedurende 10 minuten een blootstelling kan worden verwacht van maximaal 0,5 ppm H₂S. Voor een dergelijke blootstelling (0,5 ppm) aan H₂S worden ernstige gezondheidseffecten uitgesloten.

Zwavelwaterstof heeft een sterke geur (rotte eierengeur) die reeds bij lage concentraties kan worden waargenomen. In de literatuur worden onder andere hoofdpijn, misselijkheid en een enigzins moeizamer ademhaling gemeld als gevolg van zwavelwaterstof blootstelling bij relatief lage concentraties. Het is niet uitgesloten dat personen deze gezondheidsklachten hebben ervaren. Deze klachten zijn echter van voorbijgaande aard en verdwijnen zodra de blootstelling afneemt.

Inhoud

Samenvatting—4

1 Aanleiding—6

2 De verspreidingsberekening—7

2.1 Samenvatting van de uitkomsten—7

2.1.1 Uitkomst Scenario 1: Klein biogaslek—7

2.1.2 Uitkomst Scenario 2: Een "worst case" situatie—7

2.2 Gehanteerde scenario's—7

2.2.1 Scenario 1: Klein biogaslek—7

2.2.2 Scenario 2: Een "worst-case" situatie—8

2.3 Gehanteerde biogassamenstelling—8

2.4 Berekende effectconcentraties—9

2.4.1 Model resultaten Scenario 1: Klein biogaslek—9

2.4.2 Model resultaten Scenario 2: Een "worst-case" situatie—10

3 Beoordeling van de blootstelling aan H₂S—11

3.1 Inleiding—11

3.2 Beoordeling van de berekende blootstelling—11

4 Conclusie—12

5 Referenties—13

Extra vragen van de GGD—14

1 Aanleiding

Op 19 januari 2012 heeft er in Coevorden een incident plaatsgevonden met een biovergister (1). Tijdens dit incident is biogas ontsnapt en richting een woonwijk gedreven. De hulpdiensten hebben de woonwijk uit voorzorg ontruimd. In de nasleep van dit incident hebben bewoners van de woonwijk hun ongerustheid geuit tijdens verschillende bewonersavonden. Ze zijn vooral bezorgd over mogelijk hoge concentraties H₂S in de woonwijk.

De GGD Drenthe heeft het RIVM gevraagd om inhoudelijke ondersteuning te leveren over de eventuele gezondheidseffecten ten gevolge van een lekkage van biogas naar de omgeving. Het gaat hierbij voornamelijk over de effecten van zwavelwaterstof (H₂S) op de gezondheid. Deze informatie kan door de GGD Drenthe worden gebruikt om de omwonenden van de biogasinstallatie en de lokale overheden te informeren.

Naast de verspreidingsberekening heeft de GGD Drenthe enkele extra vragen aan het cGM gesteld welke door de bewoners tijdens de bewonersavonden gesteld waren. Zo wil de GGD Drenthe weten of een WTW systeem (warmte terug win-systeem) in een huis kan zorgen voor extra hoge concentraties H₂S in de woningen zelf. Ook is de vraag gesteld of het water wat tussen de biovergister en de woonwijk in ligt invloed heeft op de verspreiding van de vrijgekomen gassen.

Het cGM heeft de vraag om een verspreidingsberekening te maken intern voorgelegd aan deskundigen van de afdeling CEV (Centrum Externe Veiligheid) van het RIVM. Deze hebben de verspreidingsberekeningen gemaakt aan de hand van twee scenario's. De uitkomsten van de verspreidingsberekening voor zwavelwaterstof zijn daarna beoordeeld door experts van de afdeling SIR (Stoffen en Integrale Risicoschatting) van het RIVM. Alle resultaten zijn beschreven in dit briefrapport. Tevens worden in de bijlage van dit briefrapport de extra vragen van de GGD Drenthe beantwoord.

2 De verspreidingsberekening

2.1 Samenvatting van de uitkomsten

Het RIVM heeft twee verspreidingsberekeningen uitgevoerd naar aanleiding van een biogaslekkage op 19 januari 2012 te Coevorden. Omdat het door gebrek aan informatie niet mogelijk is om de biogaslekkage exact na te rekenen, is er voor gekozen om twee scenario's door te rekenen om een indicatie te krijgen van de concentratie op een afstand van 350 meter (de afstand tot de woningen). De nadruk bij beide berekeningen ligt op de mogelijke verspreiding van de in het biogas aanwezige zwavelwaterstof (H_2S) naar de omgeving. In dit hoofdstuk geven wij kort de resultaten weer van beide verspreidingsberekeningen. Daarna worden de gehanteerde scenario's toegelicht.

2.1.1 *Uitkomst Scenario 1: Klein biogaslek*

Het gaat hierbij om een klein lekdebiet maar met het weertype en de uitstroomduur die overeenkomstig is met de lekkage van 19 januari 2012 om ca. 23:00 uur. De concentratie H_2S in de lucht bij de woningen op 350 meter vanaf de bron ten gevolge van een nagebootste biogaslekkage bij het weertype van 19 januari 2012 is lager dan de geurdrempel van H_2S van 0,0047 ppm.

2.1.2 *Uitkomst Scenario 2: Een "worst case" situatie*

Bij de berekeningen voor dit scenario is uitgegaan van een groot biogaslek met een snelle uitstroom en een ongunstig weertype, zodat het vrijgekomen gas vrijwel direct richting de woonwijk drijft. De maximale concentratie H_2S in de lucht bij de woningen op 350 meter vanaf de bron ten gevolge van dit grote biogaslek bij een ongunstig weertype is 0,5 ppm H_2S voor ca. 10 minuten. Deze concentratie is boven de geurdrempel van H_2S van 0,0047 ppm.

2.2 Gehanteerde scenario's

Voor het uitvoeren van verspreidingsberekeningen is *kwantitatieve* informatie nodig. De GGD heeft het RIVM voor verschillende modelparameters informatie verstrekt. Echter, er is onvoldoende informatie voorhanden om een scenario te definiëren dat als representatief voor de lekkage van 19 januari 2012 kan worden beschouwd. Hierdoor zijn twee alternatieve scenario's opgesteld en doorgerekend.

1. Scenario 1: Een klein biogaslek met het weertype en de uitstroomduur die overeenkomstig is met de lekkage van 19 januari 2012.
2. Scenario 2: Een "worst case" scenario met een ongunstig weertype en een snelle uitstroom.

Belangrijke parameters bij het opstellen van de scenario's zijn de biogassamenstelling en het lekdebiet. Voor beide parameters was geen specifieke informatie beschikbaar ten tijde van de lekkage van 19 januari 2012. Bij gebrek hieraan is voornamelijk de informatie gehanteerd die beschikbaar was via de Oprichtingsvergunning Wet Milieubeheer (2). Daarnaast heeft overleg plaatsgevonden met de GGD Drenthe over de hier gekozen aanpak (3).

2.2.1 *Scenario 1: Klein biogaslek*

Een klein lekdebiet met het weertype en de uitstroomduur die overeenkomstig is met de lekkage van 19 januari 2012 om ca. 23:00 uur.

Lekdebiet:	1 gram biogas per seconde (Op verzoek van de GGD is het lekdebiet gelijk gesteld aan het lekdebiet dat in de Oprichtingsvergunning Wet Milieubeheer is gehanteerd voor de gevarenzone indeling.)
Duur van lekkage:	1,5 uur: gelijk aan blootstellingsduur=duur klachten (3)
Hoogte uitstroom:	4 meter (2)
Weertype:	D 5,7; wind uit zuidwestelijke richting; buitentemperatuur is 3 °C; luchtvochtigheid is 90% (4).
Overige parameters	De overige parameters gekozen in overeenstemming met de standaardwaarden uit de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (5).
Rekenpakket	Het rekenpakket Phast 6.54 (6) is gebruikt voor het uitvoeren van de dispersieberekeningen. De berekende concentraties zijn luchtconcentraties op 1 meter hoogte tenzij anders vermeld.

2.2.2 Scenario 2: Een "worst-case" situatie

Een 'worst case scenario' met een ongunstig weertype.

Hoeveelheid biogas:	1000 m ³ biogas (2), 30 millibar (7) (de totale inhoud van de maximale biogas opslag komt in 10 minuten vrij)
Hoogte uitstroom:	4 meter (2)
Weertype:	F 1,5 (ongunstig weertype)
Overige parameters:	De overige parameters gekozen in overeenstemming met de standaardwaarden uit de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (5).
Rekenpakket:	Het rekenpakket Phast 6.54 (6) is gebruikt voor het uitvoeren van de dispersieberekeningen. De berekende concentraties zijn luchtconcentraties op 1 meter hoogte tenzij anders vermeld.

De te verwachte H₂S concentraties op enige afstand van de bron worden weergegeven in de Tabellen 2 en 3 en Figuur 1.

2.3 Gehanteerde biogassamenstelling

De exacte samenstelling van het vrijgekomen biogas is niet bekend en een algemene universele biogassamenstelling bestaat niet. Vandaar dat vanuit de beschikbare informatie een biogassamenstelling is afgeleid die is gehanteerd voor de modellering.

Voor veiligheidsrisico's op afstand die kunnen optreden kort na het vrijkomen van biogas wordt er vooralsnog van uit gegaan dat H₂S (toxisch) en CH₄ (ontvlambaar) hiervoor de relevante componenten zijn (8). De vergunning van de inrichting vermeldt dat biogas voor circa 50% uit methaan en voor 45% uit CO₂ bestaat en dat maximaal 300 ppm H₂S in de vergister is vergund (2). Gezien de stankklachten van de omwonende moet worden geconcludeerd dat het biogasmengsel zwaarder dan lucht moet zijn geweest. Hiervoor wordt een relatief arm gehalte aan (licht) CH₄ gecombineerd met een relatief hoog gehalte aan (zwaarder) CO₂. Vanuit bovenstaande informatie wordt voorgesteld om voor deze situatie, voor beide scenario's, biogas te modelleren als een mengsel van:

H ₂ S gehalte	0,03 vol%
CO ₂ gehalte	50 vol% (49,985%)
CH ₄ gehalte	50 vol% (49,985%)

In Phast 6.54 is de gehanteerde biogassamenstelling gemodelleerd als 'mixture': Biogas Coevorden.

2.4 Berekende effectconcentraties

Voor verschillende stoffen in Nederland zijn drie interventiewaarden afgeleid: de voorlichtingsrichtwaarde, de alarmeringsgrenswaarde en de levensbedreigende waarde. Deze worden gebruikt om beslissingen te ondersteunen ter bescherming van de bevolking en de hulpverleners bij incidenten met gevaarlijke stoffen (9). De interventiewaarden zijn als volgt gedefinieerd:

Voorlichtingsrichtwaarde - VRW

De concentratie van een stof die met grote waarschijnlijkheid door het merendeel van de blootgestelde bevolking hinderlijk wordt waargenomen of waarboven lichte, snel reversibele gezondheidseffecten mogelijk zijn bij een blootstelling van één uur.

Alarmeringsgrenswaarde - AGW

De concentratie van een stof waarboven irreversibele of andere ernstige gezondheidsschade kan optreden door directe toxische effecten bij een blootstelling van één uur.

Levensbedreigende waarde - LBW

De concentratie van een stof waarboven mogelijk sterfte of een levensbedreigende aandoening door toxische effecten kan optreden binnen enkele dagen na een blootstelling van één uur.

De hoogte van de waarden is afgestemd op de meest gevoelige personen in de bevolking. Bij blootstelling ter hoogte van een interventiewaarde zal naar verwachting een beperkt deel van de bevolking een respons vertonen.

Ook is er in dit rapport gekeken naar de geurdrempel van H₂S (10). Dit is de concentratie die door de helft de bevolking nog onderscheiden kan worden van een geurvrije lucht.

geurdrempel		0,0047 ppm
Voorlichtingsrichtwaarde - VRW	0,05 mg/m ³	0,03 ppm
Alarmeringsgrenswaarde - AGW	50 mg/m ³	34 ppm
Levensbedreigende waarde - LBW	100 mg/m ³	68 ppm

Tabel 1: De (1 uurs) interventiewaarden van H₂S (9) en de geurdrempel (10).

2.4.1 Model resultaten Scenario 1: Klein biogaslek

Een klein lekdebiet maar met het weertype en de uitstroomduur die overeenkomstig is met de lekkage van 19 januari 2012.

Concentratie H ₂ S (in ppm)	Tot een afstand van
Geurdrempel (0,0047 ppm)	15 meter (op een hoogte van 3 meter)*
VRW (0,03 ppm)	-
AGW (34 ppm)	-
LBW (68 ppm)	-

Tabel 2: Rekenresultaten scenario 1: Een klein lekdebiet maar met het weertype en de uitstroomduur die overeenkomstig is met de lekkage van 19 januari 2012 (1 gram biogas per seconde komt gedurende 1,5 uur vrij). * De uitstroomhoogte is 4 meter. De grootste afstand horizontaal gemeten vanaf de lekkage wordt berekend op 3 meter hoogte.

Op 350 meter van de bron is de maximale concentratie H₂S lager dan de geurdrempel (0,0047 ppm).

2.4.2

Model resultaten Scenario 2: Een "worst-case" situatie

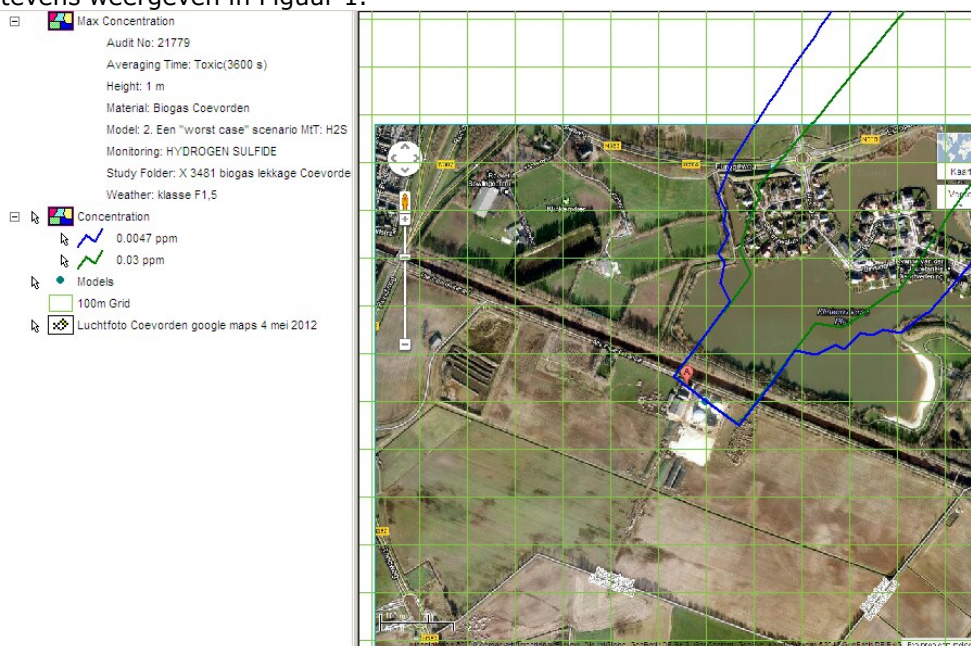
Een "worst case" scenario met een ongunstig weertype.

Concentraties H ₂ S (in ppm)	Tot een afstand van
Geurdrempel (0,0047 ppm)	8 km
VRW (0,03 ppm)	2 km
AGW (34 ppm)	< 10 m
LBW (68 ppm)	< 10 m

Rekenresultaten bij scenario 3: Een "worst case" scenario met een ongunstig weertype (1000 m³ biogas komt geheel vrij in 10 minuten bij een ongunstig weertype).

Op 350 meter van de bron is de maximale concentratie H₂S lager dan 0,5 ppm.

De te verwachten H₂S concentraties op enige afstand van de bron worden tevens weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1: De te verwachten maximale H₂S concentratie in de omgeving bij Scenario 2: Een "worst case" scenario met een ongunstig weertype (grid is 100 bij 100 meter).

Figuur 1 is een luchtfoto van de biogasinstallatie in Coevorden en de omgeving. Het toegevoegde 'grid' is 100 meter bij 100 meter en definieert daarmee de schaal van de foto. De blauwe stip in het midden van de figuur geeft de locatie weer van de gemodelleerde biogaslekkage. De blauwe en de groene lijn geven de rekenresultaten weer van scenario 2: Een "worst-case" situatie. De buitenste blauwe lijn geeft het gebied aan waarbinnen een H₂S concentratie van maximaal 0,0047 ppm (de geurdrempel) wordt berekend. De binnenste groene lijn geeft het gebied aan waarbinnen een H₂S concentratie van maximaal 0,03 ppm (de VRW) wordt berekend.

3 Beoordeling van de blootstelling aan H₂S

3.1 Inleiding

Tijdens het incident op 19 januari 2012 was er een sterke geur in de wijk waar te nemen. Dit aspect geeft aan dat de geurdrempel voor H₂S in ieder geval (tijdelijk) is overschreden in de wijk. De uitkomsten van scenario 1 zijn niet in overeenstemming met de waargenomen geur in de wijk. Daarom is er besloten om de beoordeling van de te verwachten gezondheidseffecten als gevolg van blootstelling aan zwavelwaterstof alleen uit te voeren voor scenario 2: het 'worst case scenario' met een ongunstig weertype. De resultaten van deze berekening geven aan dat de H₂S concentratie op 350 m van de bron lager is geweest dan 0,5 ppm H₂S (= 0,71 mg/m³ H₂S) gedurende 10 minuten.

3.2 Beoordeling van de berekende blootstelling

Zoals in paragraaf 2.4 is vermeld, zijn voor verschillende stoffen in Nederland interventiewaarden afgeleid, die bedoeld zijn om beslissingen te ondersteunen ter bescherming van de bevolking en de hulpverleners bij incidenten met gevaarlijke stoffen. De VRW en de AGW voor een blootstellingsduur van één uur voor H₂S zijn respectievelijk 0,03 en 34 ppm.

De berekende maximale H₂S concentratie (minder dan 0,5 ppm) op 350 m van de bron is veel lager dan de AGW en de blootstellingsduur veel korter dan één uur. Ernstige gezondheidsklachten als gevolg van de biogaslekage kunnen dan ook worden uitgesloten.

De berekende maximale H₂S concentratie is hoger dan de VRW van 0,03 ppm, welke is gebaseerd op de sterke geur (stank, rotte eieren geur). Tijdens het incident is een sterke geur waargenomen. Om te beoordelen of de berekende concentratie van 0,5 ppm aanleiding kan geven tot geringe gezondheidsklachten, kan deze ook vergeleken worden met de overeenkomstige waarden uit het Amerikaanse AEGL programma (11). Het AEGL programma is vergelijkbaar met het systeem voor de Nederlandse interventiewaarden. De met de VRW overeenkomende AEGL-1 is niet op geur gebaseerd, maar op gezondheidsklachten bij een kleine groep van vrijwilligers (hoofdpijn en moeizamer ademen). Daarnaast wordt ook vaak misselijkheid gerapporteerd. Bovendien is er ook een AEGL-1 waarde voor een blootstelling van 10 minuten afgeleid (0,75 ppm). Gezien de geringe marge tussen de berekende H₂S concentratie en de 10 minuten AEGL-1 waarde is niet uit te sluiten dat individuele personen tijdens de blootstelling hoofdpijn, misselijkheid of een enigszins moeizamer ademen hebben ervaren. Deze klachten leiden niet tot blijvende gezondheidseffecten en verwijnen nadat de blootstelling voorbij is.

4 Conclusie

Op aanvraag van de GGD Drenthe heeft het RIVM verspreidingsberekeningen uitgevoerd naar aanleiding van een biogaslekkage op 19 januari 2012 te Coevorden. Tijdens dit incident was er een sterke geur in de wijk waar te nemen. Deze waarneming geeft aan dat de geurdrempel voor H₂S in ieder geval (tijdelijk) is overschreden in de wijk.

Geprobeerd is om de verspreiding van H₂S tijdens het incident te modelleren. Echter, er bleek onvoldoende informatie beschikbaar om een scenario te definiëren dat als representatief voor de lekkage van 19 januari 2012 kan worden beschouwd. Als alternatief zijn berekeningen uitgevoerd voor de verspreiding van H₂S in het geval van een klein biogaslek (scenario 1) en een "worst-case" situatie oftewel een groot biogaslek (scenario 2). De uitkomsten van de verspreidingsberekeningen van scenario 1 zijn niet in overeenstemming met de waargenomen geur in de wijk. Daarom is er besloten om de beoordeling van de te verwachten gezondheidseffecten als gevolg van blootstelling aan zwavelwaterstof enkel uit te voeren voor scenario 2: het 'worst case scenario'. Uit de resultaten van de berekening blijkt dat op een afstand van 350 meter vanaf het biogaslek (afstand tot woonwijk) een blootstelling van maximaal 0,5 ppm H₂S (= 0,71 mg/m³ H₂S) gedurende 10 minuten verwacht kan worden. Ernstige gezondheidseffecten aan deze blootstelling als gevolg van de biogaslekkage worden uitgesloten. Wel kunnen blootgestelde personen hoofdpijn, misselijkheid en een enigzins moeizamer ademhaling hebben ervaren tijdens de blootstelling. Deze klachten zijn van voorbijgaande aard en verdwijnen zodra de blootstelling afneemt.

5 Referenties

- 1 Incidentrapport: advies gevaarlijke stoffen, Veiligheidsregio IJsselland, datum incident 19-01-2012.
- 2 Oprichtingsvergunning Wet Milieubeheer. Alte Picardiekanaal 24. Coevorden, 12 oktober 2006, inclusief de Bijlage mestvergistingsinstallatie behorende bij aanvraag vergunning Wet Milieubeheer.
- 3 Correspondentie (e-mail en telefonisch) tussen RIVM en GGD Drenthe in de periode van 20 maart t/m 14 mei 2012.
- 4 Brief van het KNMI aan het RIVM betreft de weergegeven in Coevorden op 19 januari 2012 (brief van 23 mei 2012, kenmerk: 12KD0080).
- 5 Handleiding Risicoberekeningen Bevi, versie 3.2, 1 juli 2009, RIVM/Centrum Externe Veiligheid.
- 6 DNV software London, Phast, version 6.54.
- 7 Effect- en risicoafstanden bij de opslag van biogas, 3 maart 2008, RIVM/Centrum Externe Veiligheid, www.rivm.nl.
- 8 Heezen, P.A.M., Gooijer, L., Mahesh, S. (2011) Het veilig bouwen en beheren van co-vergistingsinstallaties voor de productie van biogas. RIVM Rapport nr. 620013001/2011. RIVM, Bilthoven.
- 9 Interventiewaarden gevaarlijke stoffen 2007, Ministerie van VROM. Te vinden via de volgende link: http://www.rivm.nl/rvs/Normen/Rampen_en_incidenten (website bezocht in augustus 2012)
- 10 Geurdrempel H₂S : 0,0047 ppm (opgezocht via Hazardous Substances Data Bank (HSDB: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>) (website bezocht in augustus 2012) met als referentie: Fazzalari, F.A. (ed.). Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data. ASTM Data Series DS 48A (Committee E-18). Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 1978., p. 87
- 11 AEGl (Acute Exposure Guideline Levels): te vinden via de volgende site <http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/basicinfo.htm> (website bezocht in augustus 2012)

Extra vragen van de GGD

Invloed van water als oppervlak tussen bron en ontvanger

Vraag GGD

Enkele bewoners geven aan dat het meer, die tussen biovergister en wijk in ligt, en het feit dat H₂S zwaarder is dan lucht, er voor zorgen dat er weinig verdunning en verspreiding van de wolk plaatsvindt.

Antwoord RIVM

Als bij de modellering wordt gekozen om water als ondergrond te definiëren waarop de uitstroom plaatsvindt, wordt in het rekenpakket alleen de 'ruwheidslengte' verlaagd. De ruwheidslengte is een maat voor de obstakels in het terrein waarin de verspreiding plaatsvindt. Het effect van deze modelparameter op de dispersie is zeer beperkt ten opzichte van de weertypering of uitstroomdebiet.

(Voorbeeldberekening: als 'water' als ondergrond wordt gehanteerd voor de hele omgeving rond de inrichting, blijft bij scenario 2 de maximale afstand waarop de VRW kan worden verwacht 2 km. → geen verschil met normale berekening)

Kan de WTW unit ervoor zorgen dat de concentratie H₂S extra hoog wordt in de woning?

Vraag GGD

De omwonenden hebben veelal een warmte terug win-systeem (WTW-systeem) met luchttoe- en afvoer. Zij willen weten of dit WTW-systeem in hun woning er voor kan zorgen dat de concentratie H₂S extra hoog kan worden in hun woning (met andere woorden dat de afvoer van stoffen hierdoor niet goed verloopt).

Antwoord RIVM

Ventilatie zorgt ervoor dat de binnenlucht wordt ververs met eenzelfde hoeveelheid buitenlucht. Het is niet aannemelijk dat H₂S specifiek kan accumuleren in het binnenmilieu, oftewel dat er meer H₂S binnenkomt dan dat er naar buiten gaat. Bij een hoge ventilatiestand zal binnenlucht ongeveer gelijk zijn aan buitenlucht. Als buitenlucht meer H₂S bevat zal de concentratie binnen oplopen tot evenwicht. Dit proces is eerder gerapporteerd in een briefrapport (RIVM briefrapport nr 609300025) waarbij buitenlucht en binnenlucht gemeten zijn langs een drukke weg. In dit onderzoek bleek dat de concentraties van de gemeten stoffen in de binnenlucht de buitenlucht "volgt" met een vertraging. De concentratie in de binnenlucht zal dus, als gevolg van de aanwezigheid van een WTW-systeem nooit hoger worden dan de buitenlucht.

- Hagens W.I., van Putten E.M., van Belle N.J.C , van Overveld A.J.P. (2011) Ventileren langs een drukke weg. Pilot: meting aan de voor- en achterzijde van een gebouw. RIVM briefrapport 609300025/2011. RIVM, Bilthoven.

ADDENDUM

Nadat het briefrapport van het RIVM *Biogas lekkage Coevorden: Verspreidingsberekeningen en gezondheidseffecten* (609400005/2012) was verschenen, hebben bewoners van de wijk Klinkenvliet in Coevorden aanvullende vragen gesteld. De aanleiding hiervoor was de opmerking in het rapport dat een berekening "onder ongunstige condities" zou hebben uitgewezen dat blootstelling aan zwavelwaterstof tijdens het incident slechts tot geringe klachten van voorbijgaande aard zou hebben geleid.

Dit addendum geeft antwoord op de vraag hoe de blootstelling aan zwavelwaterstof kan variëren met de grootte van het lek, de aanwezige hoeveelheid biogas en de concentratie zwavelwaterstof in het gas.

Samenvatting

In de nacht van 19 januari 2012 vond in Coevorden een lekkage plaats in een biovergistingsinstallatie waardoor biogas in de omgeving werd verspreid. Het gevolg was hevige stank en gezondheidsklachten in de woonwijk Klinkenvlier, waarschijnlijk als gevolg van zwavelwaterstof.

Uit voorzorg zijn de bewoners van deze wijk geëvacueerd.

Sommige bewoners maken zich hier zorgen over omdat zij sinds het incident gezondheidsklachten hebben. Daarom heeft GGD Drenthe aan het RIVM gevraagd of het mogelijk is te berekenen of, en zo ja in welke mate, er tijdens het incident zwavelwaterstof is vrijgekomen.

Naar aanleiding van dit onderzoek hebben bewoners aanvullende vragen gesteld. De bewoners wilden onder andere weten hoe hoog de blootstelling zou zijn geweest, als de vergister méér dan de vergunde hoeveelheid zou hebben bevat. Deze vragen zijn in dit addendum beantwoord met behulp van modelberekeningen.

Volgens deze berekeningen waren de concentraties zwavelwaterstof in de wijk Klinkenvlier niet hoog genoeg om ernstige of langdurige gezondheidsklachten te veroorzaken. Hierbij is rekening gehouden met de gerapporteerde duur van de stankoverlast.

Bij gebrek aan meetgegevens tijdens het incident, kunnen er echter geen conclusies worden getrokken over de werkelijke blootstelling in de wijk Klinkenvlier.

VRAGEN

Naar aanleiding van de aanvullende vragen van de bewoners heeft het RIVM extra berekeningen gemaakt van concentraties zwavelwaterstof in de wijk Klinkenvliet bij verschillende lekszenario's. Hierbij is afgeweken van het uitgangspunt van het eerste onderzoek dat de concentratie zwavelwaterstof (H₂S) in de vergister 300 part per million (ppm) was, de destijds volgens de vergunning maximaal toegestane waarde. De bewoners wilden weten hoe hoog de blootstelling zou zijn geweest, als de vergister méér dan de vergunde hoeveelheid zou hebben bevat.

Hieronder staan eerst de vragen en vervolgens de resultaten van de berekeningen weergegeven.

1. Tot hoe hoog kan de concentratie H₂S aan de rand van Klinkenvliet oplopen als al het gas uit de vergister vrijkomt bij een bedrijfsvoering die voldoet aan de vergunning¹ (waarin onder andere staat dat het H₂S-gehalte niet hoger mag zijn dan 1000 ppm) ? Daarbij is uitgegaan van ongunstige weersomstandigheden en diverse snelheden van het vrijkomen van het gas.
2. Als er in de vergister schuimvorming optreedt met het digestaat "tot boven de kijkgaten" en ontsnappend ongezuiverd biogas, welk H₂S-gehalte is dan te verwachten in dat biogas en welke *range* van gehaltenes is daarin mogelijk?
3. Wat is in een *worst case*-scenario terwijl de vergister wel voldoet aan de vergunning een realistische aanname voor het H₂S-gehalte in het ongezuiverde biogas: 10.000, 20.000 of 30.000 ppm? Idem indien de vergister eventueel niet zou voldoen aan de vergunning?
4. Wat is het volume van het gas dat kan vrijkomen zonder en met schuimvorming?
5. Als het volume van de vergister een aantal malen groter zou zijn, zou de H₂S- concentratie in Klinkenvliet dan ook enkele malen hoger kunnen worden?
6. Hoeveel H₂S (ppm maal kubieke meter per tijdseenheid) mag er maximaal vrijkomen uit de vergister/inrichting om de H₂S-concentratie aan de rand van Klinkenvliet lager te houden dan de uurgemiddelde waarden die gepaard gaan met ernstige stankhinder (0,02 ppm), respectievelijk mogelijke slijmvliesirritatie (10 ppm), respectievelijk mogelijk blijvende gezondheidsschade (50 ppm) ? Daarbij graag uitgaan van ongunstige weersomstandigheden en diverse snelheden van het vrijkomen van het gas. Wat betekent dit voor het lekdebiet (m³ per tijdseenheid) van de vergister als het gas 1000 ppm H₂S bevat?
7. Wat is de concentratie H₂S net buiten het bedrijfsterrein waar eventueel meetapparatuur met continue monitoring zou kunnen signaleren dat de onder vraag 3 genoemde waarden in Klinkenvliet overschreden kunnen gaan worden?

Toelichting bij vraag 3

10.000 ppm is de waarde die het RIVM in rapport 620201001/2010 heeft gekozen als maximum tijdens afwijkende productieomstandigheden van vergisters. Uit het RIVM-rapport 620013001/2011 blijkt weliswaar dat 10.000 ppm alleen te verwachten is in een type vergister dat toen in Nederland nog niet gebouwd was. In 1992 zijn gehalten tot 20.000 ppm gerapporteerd in een 'tweefasen'-mestvergister (EU-rapport 1440: Centrale mestverwerking met biogasopwekking; ISSN 1018-

¹ Aanvankelijk 300 ppm H₂S (zie briefrapport) , maar later opgehoogd naar 1000 ppm.

5593. Nog hogere gehalten zijn beschreven in andere situaties, bijvoorbeeld 22.000 ppm in een mestopslag (NB geen vergister) met schuimvorming.

ANTWOORDEN

Vragen 1 en 3

De vragen 1 en 3 gaan over het berekenen van de concentratie H₂S aan de rand van de Klinkenvlier (op een afstand 350 meter) bij verschillende gehalten H₂S in het biogas. Er is gerekend met drie verschillende gehalten H₂S in biogas, namelijk 0,1% (1000 ppm), 1% (10.000 ppm) en 3% (30.000 ppm).

In de berekeningen is uitgegaan van een drietal scenario's: i. instantaan vrijkomen van het biogas; ii. vrijkomen van het biogas in 10 minuten en iii. het vrijkomen van het biogas via een klein lek met een debiet van 1 g/s. Verder zijn er twee verschillende weertypes (het weertype tijdens het incident D5,7 en het meest ongunstige weertype F1,5) gehanteerd. Zie verder de beschrijving van de gehanteerde uitgangspunten.

Het KNMI-rapport over het weer op 19 januari 2012 is als bijlage toegevoegd

Onderstaande tabel geeft de rekenresultaten van verschillende situaties weer. Algemeen kan worden gesteld dat de concentratie H₂S op 350 meter voor ieder scenario recht evenredig toeneemt met het H₂S gehalte in het biogas.

Concentraties H₂S (in ppm) op een afstand van 350 meter

	Concentratie H ₂ S op 350 m (ppm)	
	Weertype tijdens incident	Ongunstigste weertype
H₂S gehalte 0,1% (1.000 ppm)		
Instantaan	1,3	1,5
10 min	0,08	0,9
1 g/s	<0,001	0,001
H₂S gehalte 1% (10.000 ppm)		
Instantaan	13	15
10 min	0,8	9
1 g/s	<0,001	0,01
H₂S 3% (30.000 ppm)		
Instantaan	38	45
10 min	2,3	27
1 g/s	0,001	0,03

De resultaten in de tabel geven de berekende concentraties H₂S aan op een afstand van 350 meter vanaf de bron. Voor mogelijke gezondheidseffecten is naast de concentratie de blootstellingsduur relevant. Als de totale hoeveelheid biogas instantaan (in één keer) vrijkomt, is de concentratie hoog, maar de blootstellingsduur erg kort. Een lekkage van 1 g/s levert juist een lage concentratie op, waarbij de blootstellingsduur wel langer is.

Zoals in het RIVM briefrapport al is aangegeven zijn de interventiewaarden (voorlichtingsgrenswaarde, alarmeringsgrenswaarde en levensbedreigende waarde) die worden gebruikt om mogelijke gezondheidseffecten aan te geven gebaseerd op een concentratie van een stof met een blootstellingsduur van één uur.

NB In het rapport wordt bij 300 ppm in de vergister een concentratie gerapporteerd van *maximaal 0,5 ppm* voor het 10 minuten scenario. Dat lijkt niet overeen te komen met de eerdere berekeningen. De berekende concentratie op 350 m is echter 0,3 ppm, hetgeen wél in lijn is met de andere getallen.

Vraag 2:

Als er in de vergister schuimvorming optreedt met het digestaat “tot boven de kijkgaten” en ontsnappend ongezuiverd biogas, welk H₂S-gehalte is dan te verwachten in dat biogas en welke range van gehalten is daarin mogelijk?

Het rapport van Starmans² (voetnoot 1) geeft inzicht in schuimvorming in varkensstallen, dus niet in vergistingsinstallaties waar behalve mest ook co-substraat in gaat. Uit het rapport blijkt o.a. dat schuimvorming op de mest in sommige gevallen gepaard gaat én met hoge H₂S gehalten in de varkensstallen (rond 2% = 20.000 ppm) én met de vorming van vetzuren, zoals boterzuur. Dat zijn stoffen die enorm stinken. Een mogelijke hypothese is dat de stank in de woonwijk niet alleen door H₂S maar ook door vetzuren kan zijn veroorzaakt. Starmans zelf geeft aan dat er onvoldoende bekend is over de H₂S-gehalten bij schuimvorming. Schuimvorming treedt op wanneer er bio-actieve stoffen aanwezig zijn en een substraat waaruit CO₂ kan worden gevormd.

Vraag 4:

Wat is het volume van het gas dat kan vrijkomen zonder en met schuimvorming?

Reactie RIVM:

Voor alle berekeningen is het gasvolume van de vergister het uitgangspunt.

Vraag 5:

Als het volume van de vergister een aantal malen groter zou zijn, zou de H₂S- concentratie in Klinkenvliet dan ook enkele malen hoger kunnen worden?

Reactie RIVM:

Dat klopt. Als er meer biogas vrij kan komen, kan de concentratie H₂S in Klinkenvliet hoger zijn.

Vraag 6:

Hier wordt gevraagd om terug te rekenen vanaf een bepaalde concentratie H₂S op 350 meter vanaf de vergister. De vraag is welke bronsterkten (uitstroomdebieten) nodig zijn om H₂S concentraties van 0,02 ppm, 10 ppm en 50 ppm op 350 meter te bereiken. Ook hier zijn verschillende berekeningen uitgevoerd:

- Er is gerekend met drie verschillende gehalten H₂S in biogas, namelijk 0,1% (1000 ppm), 1% (10.000 ppm) en 3% (30.000 ppm)
- Uitgaande dat er een continue uitstroom van het biogas plaatsvindt, is teruggerekend naar een bronsterkte biogas, om het gevraagde concentratieniveau H₂S op 350 meter te bereiken.
- Omdat de uitstroomsnelheid van het gas van invloed is op de concentratie is uitgegaan van twee uitstroomsnelheden, namelijk een conservatieve aanname dat het gas vrijkomt met een snelheid van 1 m/s en 67 m/s (dat is de snelheid bij het oorspronkelijke scenario waarbij alles in 10 minuten vrijkomt). Op basis hiervan is een range aangegeven. De grootst benodigde bronsterm is overigens nodig voor het scenario met de grootste uitstroomsnelheid.
- Er is uitgegaan van het ongunstigste weertype (F1,5).

Onderstaande tabel geeft de rekenresultaten van verschillende situaties weer. Zoals gemeld zijn de resultaten in ranges aangegeven. Omdat het gaat om een indicatie van de bronsterktes te geven zijn de ranges relatief ruim gekozen.

² D.A.J. Starmans et al. Schuimvorming op mest. Wageningen (2009) WUR-rapport 288.

Uitstroomdebiet (range o.b.v. twee verschillende snelheden (1 m/s en 67 m/s))

Concentratie H ₂ S op 350 meter	Bronsterkte biogas die correspondeert met de gevraagde concentratie H ₂ S op 350 m		
	Vergunde H ₂ S gehalte 0,1% (1.000 ppm)	H ₂ S gehalte 1% (10.000 ppm)	H ₂ S gehalte 3% (30.000 ppm)
0,02 ppm	10-50 g/s	1-5 g/s	0,5-1 g/s
10 ppm	20-100 kg/s	1-5 kg/s	0,1-1 kg/s
50 ppm	>100 kg/s	5-15 kg/s	1-5 kg/s

Net als bij de eerdere resultaten geldt dat gerekend is naar een concentratie H₂S zonder dat naar de blootstellingsduur is gekeken. Dit is bijvoorbeeld van belang bij de grote bronsterktes bij een gehalte van 0,1% H₂S om 10 of 50 ppm te bereiken. Uitgaande van 1000 m³ biogas (zie verder onder punt 3. Gehanteerde uitgangspunten), zouden deze uitstromingen³ slechts enkele seconden duren. Bij de bronsterktes van 1 kg/s of meer zal de uitstroming niet langer dan 20 minuten duren.

Aangezien 350 meter relatief dicht bij de bron is, wordt als vuistregel gehanteerd dat de duur van de blootstelling gelijk is aan de uitstroomduur. (Qua windsnelheid zal de 'wolk' bij een hogere snelheid de plek van 350 meter natuurlijk wel iets eerder bereiken dan bij een lage windsnelheid).

Vraag 7

Wat is de concentratie H₂S net buiten het bedrijfsterrein waar eventueel meetapparatuur met continue monitoring zou kunnen signaleren dat de onder vraag 3 genoemde waarden in Klinkenvlier overschreden kunnen gaan worden?

Reactie RIVM:

Bij het plaatsen van de apparatuur moet met de verspreiding rekening worden gehouden. In onze berekeningen is ervan uitgegaan dat het biogas op een hoogte van 4 meter vrijkomt. Na enkele tientallen meters bereikt dit het grondniveau. Het TNO-rapport⁴ biedt goede aanknopingspunten voor locatiekeuze, meetmethode en apparatuur.

NB De gemeente geeft nog aan dat er in de vergunning voorschriften worden opgenomen die erop gericht zijn de emissie van biogas te voorkomen. (Zie aanbevelingen in rapport van de Rekenkamer van Coevorden⁵).

³ Ter informatie: om tot een uitstroming van meer dan 100 kg/s te komen is een grote scheur (van bijvoorbeeld 20 m bij 10 cm) nodig.

⁴ TNO-060-UT-2012-01565: Voorkomen van zwavelwaterstof (H₂S) in de wijk Klinkenvlier in Coevorden najaar van 2012

⁵ Vergunningverlening en handhaving biovergister Alte Picardiëkanaal, december 2012

3. Gehanteerde uitgangspunten

Berekeningen en parameters

Voor het uitvoeren van effectberekeningen is aangesloten bij de eerdere berekeningen (RIVM briefrapport 609400005/2012). Dit betekent dat hetzelfde rekenpakket (Phast 6.54) is gehanteerd met dezelfde parameters. De belangrijkste parameters zijn:

Hoeveelheid biogas: 1000 m³ biogas opgeslagen bij een overdruk van 30 millibar. Dit komt overeen met 1134 kg biogas.

Hoogte uitstroom: 4 meter.

Weertype: F 1,5 (ongunstigste weertype) en D5,7 (weertype tijdens het ongeval; buitentemperatuur is 3°C; luchtvochtigheid is 90%) Zie bijlage.

De weergegeven concentraties zijn de concentraties berekend op een hoogte van 1 meter.

Voor de beantwoording van de vragen van de bewoners zijn enkele aanvullingen gedaan. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Voor beantwoording van de vragen 1 en 3 is als aanvulling het scenario 'instantaan vrijkomen van de hele inhoud' opgenomen. Dit is een standaardscenario dat wordt gebruikt bij het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevi. Dit is aanvullend op de scenario's 'vrijkomen van de inhoud in 10 minuten' en 'een lek van 1 gram/s'. Het scenario 'instantaan vrijkomen van de hele inhoud' levert een hoge piekconcentratie met een korte blootstellingsduur.
- Voor de uitstroomsnelheden bij vraag 7 is aangesloten bij de oorspronkelijke scenario's: 1 m/s als lage snelheid (gebaseerd op lek van 1 g/s); 67 m/s als hoge snelheid (gebaseerd op uitstroming in 10 minuten). Hierbij is een duur van maximaal 3600 s gehanteerd.

Gehanteerde biogassamenstelling

Zoals gemeld is gerekend met verschillende gehalten aan H₂S, namelijk 0,1; 1 en 3%. De verhouding in het gehalte CO₂ en CH₄ is gelijk gehouden.

Samenstelling Biogas

Samenstelling biogas	H ₂ S (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ (%)
1	0,1	49,95	49,95
2	1	49,5	49,5
3	3	48,5	48,5

Toelichting bij de scenario's

Scenario A:

Instantaan vrijkomen van de hele hoeveelheid gas kan plaatsvinden als het gas onder hoge druk staat. Bij biogas is dat niet het geval en daarom is dit scenario moeilijk voorstelbaar. Bij een beperkte overdruk is er een grote scheur (bijvoorbeeld een scheur van 20 m bij 10 cm) nodig om tot een uitstroming van meer dan 100 kg/s te komen.

Scenario B:

Dit is weliswaar een worst case scenario maar is voorstelbaar, bijvoorbeeld wanneer er plotseling een scheur in het dak ontstaat. Uit de berekeningen komt naar voren dat dit scenario (waarbij alle biogas in 10 minuten vrijkomt bij een beperkte overdruk) kan optreden bij een gatoppervlak van 0,04 m².

Scenario D (50 ppm)

Om 50 ppm H₂S in de wijk te bereiken - bij 1000 ppm H₂S in de vergister - moet er meer dan 100 kg/s biogas per seconde vrijkomen. Omdat 1000 m³ biogas circa 1100 kg weegt, moet al het biogas dus in circa 11 seconden ontsnappen. Dat betekent een (vrijwel) instantane ontsnapping van het biogas. Hierboven is aangegeven dat die situatie moeilijk voorstelbaar is.

Als we bij dit scenario uitgaan van de hoogste concentratie – 30.000 ppm H₂S in de vergister – dan moeten er enkele kilo's per seconde ontsnappen. Dat betekent dat de vergister binnen circa 5 – 20 minuten "leeg" is. Ook dan is er sprake van een relatief korte blootstelling, in vergelijking met de gerapporteerde anderhalf uur die het incident heeft geduurd.

Met andere woorden, de hoogte en de duur van de blootstelling aan H₂S hangen samen én zijn afhankelijk van de grootte van het lek (bronsterkte), de aanwezige hoeveelheid biogas en de H₂S-concentratie in het gas.

Bezoekadres: Wilhelminalaan 10
Telefoon 030-220 68 50 (tussen 9.00 - 13.00 uur),
telefax 030-220 46 14
KNMI op Internet www.knmi.nl



Postadres: Postbus 201, 3730 AE De Silt

RIVM
t.a.v. De heer drs. P.A.M. Heezen
Centrum Externe Veiligheid
IPB 110
Postbus 1
3720 BA BILTHOVEN

uw brief van
1 mei 2012

Datum
23 mei 2012

Ons kenmerk
12KD0080

Uw kenmerk

Contactpersoon
M. Reijmerink
Bijlage(n)
2.

Geachte heer Heezen,

Naar aanleiding van uw bovengenoemd verzoek ontvangt u hierbij de weergegevens van 22.00 uur op 19 januari 2012 tot 01.00 uur op 20 januari 2012 in Coevorden(7742PD):

Tussen een hogedrukgebied nabij de Azoren en lagedrukgebied ten oosten van IJsland, stond een westelijke stroming. In de avond trok een buienlijn over het land, lokaal met hagel en onweer.

Het was zwaar bewolkt.

Van circa 23.10 uur tot circa 00.15 uur vielen enkele buien. Totaal viel er circa 1 mm neerslag.

De wind was matig en kwam eerst uit zuidwestelijke richting. Na passage van de buienlijn rond middernacht, draaide de wind naar westzuidwest.

Het zicht was goed, meer dan meer dan 15 km, tijdens een bui minder dan 5 km.

De temperatuur lag tussen de 2 en 4°C.

De relatieve vochtigheid was meer dan 90%

Er zijn geen gegevens bekend over de inversiehoogte op bovengenoemde locatie en tijdstip.

De Pasquill klasse in beschreven periode D(neutraal).

De Beaufortschaal en windroos zijn toegevoegd.

De gegevens zijn afgeleid uit metingen op de dichtstbijzijnde KNMI-stations en neerslagbeelden van de KNMI-weerradar.



Bereikbaarheid openbaar vervoer, van station Utrecht CS
met de buslijnen 50,52,53 en 74 halte De Bilt tunnel

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl