



Risico's van luchtgebruik in de drinkwaterzuivering

BTO 2011.054
November 2012

KWR

Watercycle Research Institute





Watercycle Research Institute

Risico's van luchtgebruik in de drinkwaterzuivering

BTO 2011.054
November 2012

© 2012 KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Colofon

Titel

Risico's van luchtgebruik in de drinkwaterzuivering

Projectnummer

B111715, B111758

Onderzoeksprogramma's

Waterbehandeling en Microbiologie

Projectmanagers

Erwin Beerendonk, Niels Dammers

Opdrachtgever

CvO

Kwaliteitsborgers

Maarten Nederlof, Gertjan Medema

Auteur

Robin van Leerdam

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

Voorwoord

Dit rapport is het resultaat van het BTO-project Risico's van (proces)luchtgebruik in de drinkwaterzuivering (projectnummers B111715 en B111758). Nadat er in 2008 bij de Contactgroep Filtratietechnieken een inventarisatie was gehouden over de toegepaste luchtfiltratietechnieken bij de BTO drinkwaterbedrijven, bleek er behoefte aan een risico-inventarisatie van het gebruik van lucht in de zuivering. De risico-inventarisatie in dit rapport bevat risico's van chemische en microbiologische aard en werd uitgevoerd binnen de programmaliijnen Waterbehandeling en Microbiologie.

Er zijn gesprekken gevoerd met medewerkers van de Wageningen Universiteit (Luchtkwaliteit), RIVM (Laboratorium voor milieumetingen) en DCMR (Milieudienst Rijnmond) om meer inzicht te krijgen in de problematiek van luchtverontreiniging.

Er is voor zes locaties een casestudie uitgevoerd om de risico's van specifieke verontreinigingen vast te stellen. De contactpersonen vanuit de bedrijven worden bedankt voor de samenwerking. Dit waren:

- Luc Palmen (WML)
- Rinnert Schurer (Evides)
- Stephan van de Wetering en Eugène Coppens (Brabant Water)
- Robert Schots (WLN)

Verder danken wij tevens de PBC-leden van Waterbehandeling en Microbiologie voor het commentaar op het conceptrapport.

Afkortingen

dlf	dubbellaagsfilter
DCMR	Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond
HEPA	High Efficiency Particulate Air (filters)
MOD	Milieuongevallendient
MPPS	<i>Most penetrating particle size</i>
NF	nafilter
LML	Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit
OPB	onthardingsproductiebedrijf
Pb	productiebedrijf
RWK	reinwaterkelder
UF	ultrafiltratie
ULPA	<i>Ultra Low Penetration Air (filters)</i>
VF	voorfilter
VOC	Vluchtige organische componenten
VOS	Vluchtige organische stoffen
WBG	Waterbedrijf Groningen
WMD	Waterleidingmaatschappij Drenthe
WML	Waterleidingmaatschappij Limburg
Wpb	Waterproductiebedrijf

Samenvatting

Inleiding

In de drinkwaterzuivering wordt omgevingslucht gebruikt om zuurstof in het water te brengen en om ongewenste vluchtige verbindingen uit het water te verwijderen (proceslucht). Ook staat het drinkwater in reinwaterkelders in contact met lucht (beademingslucht) en wordt lucht gebruikt bij het spoelen van filters (spoellucht). De lucht wordt in veel gevallen voor gebruik gefiltreerd om chemische en/of microbiologische verontreinigingen te verwijderen. Het water in de spaarbekkens van oppervlaktebedrijven staat ook continu (passief) in contact met lucht.

Het **doel van het project** "Risico's van luchtgebruik in de drinkwaterzuivering" is om de risico's te analyseren van luchtgebruik in de zuivering voor de drinkwaterkwaliteit. Dit gebeurt aan de hand van zes casestudies bij waterproductiebedrijven met elk eigen specifieke risicobronnen en tevens door het risico van een calamiteit (grote brand) te evalueren voor de drinkwaterkwaliteit voor een niet specifieke locatie.

In de risicoanalyse wordt uitgegaan van een worst case situatie wat betreft luchtkwaliteit en van volledige stofoverdracht van lucht naar water tijdens beluchtingsprocessen.

Als referentiekader wordt uitgegaan van het Drinkwaterbesluit met de generieke eis aan de zorg voor de kwaliteit van drinkwater en de specifieke eisen aan de waterkwaliteit.

Er zijn zes waterproductiebedrijven geselecteerd om een risicoanalyse uit te voeren. De locaties zijn aangedragen door de waterleidingbedrijven en. Het zijn zowel grondwater- als oppervlaktewaterbedrijven met verschillende (potentiële) bronnen van luchtverontreiniging in de omgeving:

- Onthardingsproductiebedrijf (OPB) de Beitel (WML): industrie, snelweg en intensieve landbouw
- Productiebedrijf (pb) Kralingen (Evides): grootschalige industrie, rioolwaterzuiveringsinstallatie en snelweg
- Pb Berenplaat (Evides): grootschalige industrie
- Pb Nietap (WBG): intensieve landbouw
- Pb Annen (WMD): intensieve landbouw
- Waterproductiebedrijf (wpb) Welschap (Brabant Water): snelweg en intensieve landbouw

Deze verontreinigingsbronnen brengen verschillende verontreinigingen in de lucht die de drinkwaterkwaliteit kunnen bedreigen:

- Industrie: fijnstof, verschillende chemische verontreinigingen en verbrandingsproducten
- Intensieve landbouw: ziekteverwekkers (waaronder Q-koorts) en bestrijdingsmiddelen
- Rioolwaterzuiveringsinstallatie: ziekteverwekkers
- Snelwegen: fijnstof, NO_x, CO, SO₂, benzeen, PAKs

Aan de hand van deze risicoanalyse kunnen de waterbedrijven een gefundeerd beleid opstellen voor het gebruik van lucht in de zuivering en het gebruik van luchtfilters.

Bovendien kunnen de risico's van luchtgebruik bij het realiseren van nieuwe waterproductiebedrijven geïnventariseerd worden en passende maatregelen genomen worden.

Luchtfilters

De gebruikelijke luchtfilters in de drinkwaterzuivering zijn grofstoffilters (klasse G1 t/m G4), fijnstoffilters (F5 t/m F9) en absoluutfilters (H10 t/m H14). Grofstoffilters zijn bedoeld voor de verwijdering van grove deeltjes zoals vliegen, bladeren en kruipend ongedierte. Fijnstoffilters zijn bedoeld om deeltjes in de orde van één µm uit de lucht te filtreren (bijvoorbeeld stuifmeelkorrels en bacteriën). De mate van verwijdering van die deeltjes varieert van het soort filter tussen de 40% en meer dan 95%. Zweefstoffilters of absoluutfilters zijn bedoeld om nog kleinere deeltjes met een hoge efficiëntie uit de lucht te verwijderen. Deeltjes van circa 0,2 µm worden het minst verwijderd. Voor deze deeltjes

hebben absoluutfilters een verwijderingsrendement van 85% tot meer dan 99,995% afhankelijk van de klasse. Gassen worden met deze filters niet verwijderd.

Worst case situaties lucht- en waterkwaliteit op basis van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit

Het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM meet luchtverontreinigende stoffen in de lucht op frequente basis (uur- of dagmetingen) op circa zestig locaties in Nederland. De volgende gasvormige stoffen worden gemeten: koolmonoxide (CO), ozon (O₃), stikstofoxiden (NO, NO₂), zwaveldioxide (SO₂), ammoniak (NH₃), vluchtige organische componenten (VOC), kooldioxide (CO₂), methaan (CH₄) en fluoriden. Er worden ook deeltjesgebonden en deeltjesvormige stoffen gemeten: fijn stof (PM₁₀, stofdeeltjes < 10 µm), zwarte rook, verzurende stoffen (ammonium, nitraat, sulfaat), en metalen (arsen, cadmium, calcium, lood, zink).

Uit het LML zijn de hoogst gemeten concentraties van de verontreinigende stoffen geselecteerd in de periode 2003 tot en met 2007 voor de luchtmeetstations in de buurt van de waterproductiebedrijven. In de luchtmeetstations in de directe omgeving van de zes onderzochte waterproductiebedrijven werden de grenswaarden voor de luchtkwaliteit zelden of nooit overschreden.

In het Rijnmondgebied zijn incidenteel hoge benzeen- en toluenconcentraties gemeten tot 150 µg/m³ (uurwaarden); concentraties boven 50 µg/m³ komen hooguit enkele keren per jaar (enkele uren) voor. Het is niet duidelijk of dit te relateren is aan calamiteiten (zoals branden). In het theoretische geval dat langdurig (dagen, weken) een concentratie benzeen van 150 µg/m³ benzeen boven een spaarbekken aanwezig is, wordt op basis van het lucht-waterevenwicht een concentratie in het ruwe water verwacht van circa 1 µg/l. Het is echter niet waarschijnlijk dat een dergelijke hoge concentratie in de lucht voor langere tijd voorkomt. In de (oppervlaktewater)zuivering zullen benzeen en toluen in het water deels verwijderd of afgebroken worden door bijvoorbeeld, beluchting met schone lucht, geavanceerde oxidatiemethoden of (langzame)zandfiltratie. De mate van verwijdering in de zuivering valt verder buiten het kader van dit rapport.

Ook bij grondwaterproductiebedrijven met intensieve beluchting en een benzeen- of toluenconcentratie van 150 µg/m³ in de lucht kan de norm in het drinkwater (1 µg/l) theoretisch overschreden worden als wordt uitgegaan van een volledige overdracht van benzeen of toluen van lucht naar water. Deze hoge benzeen- of toluenconcentraties in de lucht komen zeer zelden en kortstondig voor (bijvoorbeeld bij een brand). In dat geval wordt aangeraden de intensieve beluchting tijdelijk stop te zetten. Met de gangbare luchtfilters (absoluutfilters) worden benzeen en toluen niet tegengehouden. Metingen van Evides en Brabant Water in de afgelopen jaren laten zien dat benzeen en toluen in het drinkwater niet worden aangetoond.

Zware metalen in de lucht zijn deeltjesgebonden. Sommige zware metalen overschrijden incidenteel licht de grenswaarden in de lucht. Als lucht de hoogst gemeten concentraties van de zware metalen bevat, zal de concentratie van deze zware metalen in het water bij alle zes de onderzochte productiebedrijven nog minstens een factor 10-100 onder de norm van het Drinkwaterbesluit liggen zonder gebruik te maken van luchtfiltratie, uitgaande van de maximale lucht-waterverhoudingen op de productiebedrijven. Luchtfiltratie met fijnstoffilters zal nog eens circa 75% van deze deeltjesgebonden metalen verwijderen, afhankelijk van het type fijnstoffilter en de grootte van de deeltjes.

Op basis van de worst case luchtkwaliteit, vastgesteld met behulp van de landelijke luchtmeetstations in de buurt van de onderzochte productielocaties en op basis van volledige stofoverdracht van verontreinigingen van lucht naar water bij de maximale lucht-waterverhoudingen op de betreffende locaties, wordt geen risico verwacht voor de drinkwaterkwaliteit voor de overige stoffen die in het landelijk meetnet gemeten worden.

Emissies vanaf de snelweg

Met behulp van het CAR-model zijn de achtergrondconcentraties en verwachte jaargemiddelde concentraties NO₂, fijnstof (PM₁₀), benzeen, SO₂, CO en benzo(a)pyreen als gevolg van het wegverkeer langs snelwegen geschat. Wpb Welschap (60 meter) en pb Kralingen (circa 200 meter) liggen dichtbij druk bereden snelwegen. Wpb Welschap is gebruikt als worst case voor de waterproductiebedrijven in Nederland wat betreft het risico van emissies vanaf snelwegen vanwege de zeer korte afstand tot de A2 bij Eindhoven. De gemiddelde verkeersintensiteit bij wpb Welschap is circa 160.000 motorvoertuigen per etmaal tijdens een doordeweekse dag.

Op een afstand van 50 meter van de weg berekent het model dat concentraties ten opzichte van de achtergrondwaarden verhoogd zijn tot maximaal een factor 3 (NO₂) en een factor 4 (benzeen). Deze

concentraties zijn niet dusdanig hoog dat bij een intense beluchting van bijvoorbeeld $RQ = 20$ en volledige stofoverdracht van lucht naar water dit zal leiden tot overschrijdingen van normen in het Drinkwaterbesluit. Fijnstof en benzo(a)pyreen (mits deeltjesgebonden) worden verwijderd door fijnstof- en absoluutfilters. NO_2 , benzeen, SO_2 en CO worden hiermee niet verwijderd.

(Zware) Industrie

OPB De Beitel is gevestigd op industrieterrein De Beitel, het grootste industrieterrein uit de regio Zuid-Limburg. Pb Berenplaat ligt in het Rijnmondgebied waar veel zware industrieën zijn gevestigd. Voor OPB De Beitel werden decaline, hexaan, toluen, methylisobutylketon, stikstofoxiden, zwaveloxiden geïdentificeerd als de belangrijkste emissies vanaf verschillende industrieën in de buurt (op enkele honderden meters afstand) met een emissiesnelheid van enkele kilogrammen per uur. Met het Pluimmodel is berekend dat de concentratie decaline (een polycyclische koolwaterstof, niet aromatisch) in het water na beluchting maximaal $0,1 \mu\text{g/l}$ kan worden op basis van volledige stofoverdracht van lucht naar water bij $RQ = 10$, zoals maximaal toegepast op OPB De Beitel. Er is geen norm voor polycyclische, niet-aromatische, koolwaterstoffen in het Drinkwaterbesluit, maar de signaleringswaarde voor de overige antropogene stoffen $1 \mu\text{g/l}$. De concentratie decaline blijft onder deze signaleringswaarde. De andere stoffen worden in een worst case situatie niet in hogere concentraties verwacht dan $0,04 \mu\text{g/l}$. Bovenstaande geeft aan dat de aanwezigheid van een drinkwaterproductiebedrijf op een middelgroot industrieterrein, met een uitstoot van verschillende schadelijke stoffen in een hoeveelheid van enkele kilogrammen per uur, niet leidt tot overschrijdingen van de normen en signaleringwaarden in het Drinkwaterbesluit als gevolg van gebruik van omgevingslucht. OPB De Beitel ligt relatief dichtbij industrie en lijkt daarmee een relatieve worst case. Een omgevings- en risicoanalyse op maat blijft echter steeds nodig.

Pb Berenplaat ligt circa vijf kilometer ten zuiden van het dichtstbijzijnde punt van de Botlek met grootschalige (petro)chemische industrie en procesindustrie, waaronder Shell Nederland Raffinaderij, de ESSO-raffinaderij en AVR Rijnmond met hoge emissies SO_2 , NO_x , koolwaterstoffen, (fijn)stof en ammoniak, in totaal enkele duizenden kilogrammen per uur. Met behulp van het Pluimmodel zijn de immissieconcentraties berekend bij pb Berenplaat als gevolg van deze uitstoot. Als worst case situatie is uitgegaan van de totale uitstoot van de grote industrie op een afstand van 5 kilometer en ongunstige weersomstandigheden. Deze berekende concentraties bleken lager dan de jaargemiddelde concentraties in het Rijnmondgebied (gemeten in het landelijke meetnet en DCMR-luchtmeetnet), omdat ze een onderdeel zijn van de totale (relatief hoge) achtergrondconcentratie in de regio. De afstand tot de verontreinigingsbron is de meest kritische factor die de concentratie bij het drinkwaterproductiebedrijf bepaalt. Bij een afstand van minimaal vijf kilometer tot de zware industrie zijn chemische verontreinigingen zo sterk verdund dat de concentraties van de verontreinigingen die in het drinkwater terecht kunnen komen verwaarloosbaar zijn en er daarom geen overschrijdingen van de normen in het Drinkwaterbesluit zijn te verwachten bij normale uitstoot van de industrie. Voor een goede inschatting van de risico's kunnen daarom beter (maximale) concentraties uit het LML en het DCMR-meetnet worden gebruikt. Deze zijn hiervoor al besproken.

Intensieve landbouw: bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen die via spray drift of verdamping vanaf landbouwgebieden in de lucht terecht komen, kunnen een potentieel risico zijn voor de drinkwaterkwaliteit. Uit de worst case risicoanalyse blijkt dat bij laag groeiende teelten zoals aardappelen, graan en bieten de drift van bestrijdingsmiddelen en de concentratie in de lucht te laag is om tot normoverschrijdingen in het drinkwater te leiden via de luchtroute. Bij fruit- en boomteelt komen hogere spray drift percentages voor. Een fruitteelt- of boomteeltbedrijf in de buurt (op een afstand van minder dan 200 meter) van een waterproductiebedrijf met intensieve beluchting kan wel tot een normoverschrijding voor bestrijdingsmiddelen leiden bij ongunstige windrichting en -kracht (8 m/s) of als met te kleine druppeltjes wordt bespoten en als er verder geen driftreducerende maatregelen zijn getroffen, zoals emissieschermen. Absoluutfilters zullen aerosolen of dampen met bestrijdingsmiddelen gedeeltelijk kunnen weren, maar als het bestrijdingsmiddel volledig verdampt is, zal het niet worden tegengehouden door het absoluutfilter. Voor pb Nietap en pb Annen die in intensieve landbouwgebieden liggen, wordt geen risico verwacht van het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de buurt, omdat hier geen fruit- of boomteeltbedrijven in de

buurt zijn. In het ruwe en reine water van deze drinkwaterproductiebedrijven zijn ook nooit bestrijdingsmiddelen aangetroffen.

Omdat gebruik van bestrijdingsmiddelen in de fruit- of boomteelt een potentieel risico is voor de drinkwaterkwaliteit zal bij de keuze van een nieuwbouwlocatie rekening gehouden moeten worden met de aanwezigheid van fruit- en boomkwekerijen. Ook voor bestaande productiebedrijven is dit van belang, omdat landgebruik kan wisselen.

Rioolwaterzuiveringsinstallatie

Rioolwater bevat ziekteverwekkende micro-organismen die via aërosolen tijdens beluchtingsprocessen op de rwzi in de omgeving verspreid kunnen worden. De belangrijkste ziekteverwekkers die via het rioolwater kunnen worden verspreid, zijn virussen, bacteriën en parasieten. Zowel bacteriën als virussen zijn aangetroffen in de lucht boven en rondom beluchtingbassins van rwzi's. Voor de berekening van het risico van besmetting van drinkwater als gevolg van luchtgebruik op het drinkwaterproductiebedrijf is gebruik gemaakt van een worst case analyse van Van der Woerd e.a. (1999) waarbij concentraties van ziekteverwekkende micro-organismen worden gegeven benedenwinds van de rwzi (2-100 meter). Bij luchtgebruikende processen en volledige stofoverdracht van lucht naar water worden normen voor het aërobe KG22 en coli37 in het drinkwater niet overschreden, maar voor enterovirussen mogelijk wel als het waterproductiebedrijf op enkele tientallen meters van de rwzi af staat.

In het specifieke geval van pb Kralingen, dat op circa 500 meter afstand gevestigd is van rwzi Kralingseveer zal de concentratie van de ziekteverwekkende micro-organismen met minimaal 2 tot 3 logeenheden afnemen in de lucht, afhankelijk van de heersende condities als gevolg van verdunning door diffusie- en dispersieprocessen tijdens het transport. Bovendien is de beluchting van rwzi Kralingseveer overdekt, waardoor de emissies lager zullen zijn dan gerapporteerd door Van der Woerd e.a. (1999). Daarom zijn er geen normoverschrijdingen te verwachten voor het drinkwater van pb Kralingen als gevolg van de emissie van enterovirussen vanaf rwzi Kralingseveer.

Landbouw: pathogenen in mest

Als drinkwaterproductiebedrijven in intensieve landbouwgebieden zijn gevestigd vormen emissies van (pathogene) bacteriën en parasieten tijdens of na bemesting van landbouwgronden of vanuit stallen een potentieel risico voor de drinkwaterkwaliteit. Vooral kalvermest bevat relatief veel pathogenen. Drijfmest moet sinds 2008 na toedienen direct ondergewerkt worden. Ten opzichte van het versproeien van drijfmest, zoals voor 2008 veel gebeurde, is de verspreiding van pathogenen tijdens de bemesting via de lucht daarom sterk verminderd.

In de *worst case* risicoanalyse is geschat dat *Giardia*-cysten en *Cryptosporidium*-oöcysten tot op circa twee kilometers vanaf het bemeste landbouwperceel nog in de lucht aanwezig kunnen zijn (> 1 per m^3) en daarom een potentieel risico vormen voor de drinkwaterkwaliteit als intensief belucht wordt. De maximaal toelaatbare gehalten van deze pathogenen in drinkwater zijn zeer laag (orde 10^{-6} per liter) en zijn gebaseerd op een maximum van 1 infectie per 10.000 inwoners per jaar via drinkwater. De gebruikte emissiesnelheid van de pathogenen na bemesting van een landbouwperceel is de meest onzekere factor in de analyse en hieraan zou verder onderzoek moeten worden gedaan.

Ook de emissie van bacteriën naar de lucht via ventilatie uit stallen is een potentiële infectiebron voor drinkwater. Bij varkensstallen is de emissie het grootst. Een worst case analyse laat zien dat deze enterobacteriën tot zeker drie kilometer vanaf de stal aanwezig kunnen zijn in de lucht (> 1 per m^3) en daarom een potentieel risico vormen voor de drinkwaterkwaliteit als intensief belucht wordt. Met het H13 absoluutfilter wordt 99,95% van deze bacteriën uit de lucht verwijderd.

Intensieve veehouderij: Q-koorts

Enkele van de onderzochte waterproductiebedrijven zijn gevestigd in gebieden waar in 2009 en 2010 Q-koorts uitbrak. Wpb Welschap lag circa 10 km van de dichtstbijzijnde Q-koortshaard, OPB De Beitel op circa 5 km en pb Nietap op circa 6 km. Sales Ortells en Medema (2011a,b) bepaalden het *worst case* infectierisico van Q-koorts in Nederland als gevolg van het gebruik van drinkwater voor douchen. Het gemiddelde risico in 2009 in Nederland op infectie met Q-koorts was $1,4 \times 10^{-4}$ (2357 gevallen in een populatie van 16,5 miljoen) voor alle transmissieroutes samen (met name inhalatie). Sales Ortells en Medema (2011a,b) berekenden met dosis-effectrelaties dat het jaarlijkse risico van infectie met Q-koorts door douchen $3,5 \times 10^{-6}$ is bij een afstand van 1 km tussen de Q-koortshaard en de drinkwaterproductielocatie. Op een afstand van 360 meter, de kleinste afstand tussen een geïnfecteerde

boerderij en een grondwaterbedrijf, is het jaarlijkse risico op infectie via drinkwater $2,3 \times 10^{-5}$. Op 5 en 10 kilometer afstand was dit risico respectievelijk 1×10^{-7} en $5,3 \times 10^{-8}$.

Een H13 absoluutfilter verwijdert Q-koorts voor minimaal 99,95% uit de lucht. Er lijken echter geen specifieke luchtbehandelingsmaatregelen nodig te zijn met betrekking tot Q-koorts, omdat het risico op overdracht van Q-koorts via de drinkwaterroute verwaarloosbaar is, zelfs bij de kleinste gemeten afstand (360 m) tussen besmette locatie en drinkwaterproductiebedrijf.

Calamiteiten: Risico's grote branden

Enkele vluchtige organische verbindingen, zoals benzeen, toluen, ethylbenzeen, PAKs en aldehydes zouden potentieel een probleem op kunnen leveren voor de drinkwaterkwaliteit (overschrijding van de normen in het Drinkwaterbesluit) als het waterproductiebedrijf zich in de pluim van de brand bevindt (binnen circa een kilometer van de brand) en lucht inneemt. Dit is bepaald onder de meest ongunstige omstandigheden: de maximale concentratie in de lucht bij branden in de periode 1997-2007 op minder dan een kilometer van de brand, een lucht-waterverhouding van 20 en volledige overdracht van lucht naar water. Deze vluchtige verbindingen worden door de gangbare absoluutfilters (H11 t/m H14) niet tegengehouden.

Zware metalen die vrijkomen in de lucht bij branden zullen niet leiden tot overschrijdingen van de normen in het Drinkwaterbesluit. Ook de concentraties van geadsorbeerde verontreinigingen aan fijnstof zijn dusdanig laag dat dit niet tot overschrijdingen leidt van de normen in het Drinkwaterbesluit. Fijnstof wordt voor het grootste deel verwijderd met fijnstoffilters.

Het advies voor drinkwaterbedrijven waar een rookpluim van een grote brand overtrekt is om de inname uit verontreinigde voorraadbekkens stop te zetten als er een alternatieve waterbron beschikbaar is, de actieve beluchting te stoppen en alleen natuurlijke beluchting toe te laten om het zuurstofgehalte van het water op peil te houden of op zelfs de luchttoevoer tijdelijk geheel te stoppen voor zover mogelijk. De periode dat dit nodig is, zal waarschijnlijk niet langer zijn dan één of enkele dagen. Indien de verontreiniging in het bekken slechts bestaat uit deeltjes en deze deeltjes in infiltratiepanden volledig worden verwijderd, kan de inname mogelijk gewoon doorgaan. De verontreinigingen in het bekken zullen gemonitord moeten worden en indien het water uit het bekken gebruikt wordt voor de drinkwaterproductie zal geëvalueerd moeten worden of de zuivering voor voldoende verwijdering zorgt. In het meest ongunstige geval zal na een calamiteit de reinwaterkelder geleegd moeten worden en nooddrinkwatervoorzieningen ingezet moeten worden.

Conclusies

- De in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) gemeten stoffen geven in een *worst case* situatie geen risico op overschrijdingen van de normen in het Drinkwaterbesluit. Een uitzondering zijn de vluchtige organische verontreinigingen benzeen en toluen die bij de hoogst gemeten uurconcentraties in Nederland (circa $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en volledige overdracht van lucht naar water tot een overschrijding van de norm in het Drinkwaterbesluit kunnen leiden bij waterleidingbedrijven met een intensieve beluchting. Deze hoge concentraties in de lucht komen zeer zelden voor en zijn waarschijnlijk het gevolg van een calamiteit.
- De aanwezigheid van een drinkwaterproductiebedrijf op een middelgroot industrieterrein, met een uitstoot van verschillende schadelijke stoffen in een hoeveelheid van enkele kilogrammen per uur, leidt niet tot overschrijdingen van de normen in het Drinkwaterbesluit als gevolg van gebruik van omgevingslucht. Een omgevings- en risicoanalyse op maat blijft echter steeds nodig.
- Zware industrie op grotere afstand van drinkwaterproductiebedrijven (bijvoorbeeld op 5 km afstand, zoals het geval is voor pb Berenplaat) zal bij het drinkwaterproductiebedrijf geen verhoogde concentraties van verontreinigende stoffen in de lucht tot gevolg hebben ten opzichte van de heersende (regionale) achtergrondconcentraties. Op deze afstand zal de zware industrie daarom de drinkwaterkwaliteit niet beïnvloeden. Voor een goede inschatting van de risico's kunnen daarom beter (maximale) concentraties uit luchtmeetnetten worden gebruikt.
- De huidige en toekomstige luchtkwaliteit (tot 2020) langs de Nederlandse snelwegen is geen risico voor de drinkwaterkwaliteit bij gebruik van lucht in de zuivering, zelfs niet bij een afstand tot de as van de snelweg van circa 60 meter zoals bij wpb Welschap het geval is.
- Bestrijdingsmiddelen zullen alleen een risico op kunnen leveren voor de drinkwaterkwaliteit als er hooggroeiende teelten zoals fruit- of boomkwekerijen in de buurt (enkele honderden meters afstand) van een drinkwaterproductiebedrijf met intensieve beluchting aanwezig zijn en er

onvoldoende driftreducerende maatregelen op de kwekerij zijn getroffen. Als het bestrijdingsmiddel volledig verdampt is uit de verwaaide spraydruppeltjes, zal een absoluutfilter hier ook geen barrière voor zijn.

- Het risico op overdracht van Q-koorts via de drinkwaterroute is verwaarloosbaar ten opzichte van het besmettingsrisico via alle routes samen, zelfs bij de kleinste gemeten afstand (360 m) tussen besmette locatie en drinkwaterproductiebedrijf. Luchtfiltratie ten behoeve van de verwijdering van Q-koorts uit de lucht is als voorzorgsmaatregel alleen nodig als het drinkwaterbedrijf zich op zeer kleine afstand (< 360 m) van de dichtstbijzijnde Q-koortshaard bevindt.
- Enterovirussen uit open beluchtingstanks van rwzi's kunnen tot overschrijdingen van de drinkwaternorm leiden als de rwzi direct (binnen 100 meter) naast het drinkwaterproductiebedrijf is gevestigd. Over een afstand van bijvoorbeeld 500 meter zullen de initiële concentraties in de lucht met een factor 100 tot 1000 dalen, maar het blijft aan te raden om in een dergelijke situatie absoluutfilters te gebruiken op plaatsen waar veel lucht wordt ingenomen.
- In de *worst case* risicoanalyse is geschat dat *Giardia*-cysten, *Cryptosporidium*-oöcysten en darmbacteriën tot op circa 2 tot 3 kilometer vanaf het bemeste landbouwperceel of vanaf de (mega)stal nog in de lucht aanwezig kunnen zijn (maximaal 1 per m³) en daarom een potentieel risico vormen voor de drinkwaterkwaliteit als intensief belucht wordt.
- Bij de meeste oppervlaktewaterbedrijven wordt in het zuiveringsproces relatief weinig lucht gebruikt ten opzichte van grondwaterbedrijven en/of wordt minder intensief belucht. Het grootste risico van contaminatie van het water via de lucht wordt gelopen bij de spaarbekkens, die continu in contact staan met de buitenlucht.
- Bij een grote brand met de maximaal in Nederland gemeten concentraties aan verontreinigingen in de lucht, een lucht-waterverhouding van 20 in de zuivering en volledige overdracht van lucht naar water zouden vluchtige organische verbindingen, zoals benzeen, toluen, ethylbenzeen, PAKs en aldehydes potentieel een probleem op kunnen leveren voor de drinkwaterkwaliteit (overschrijding van de normen in het Drinkwaterbesluit) als het waterproductiebedrijf zich in de pluim van een grote brand bevindt (binnen een kilometer van de brand) en lucht inneemt.
- Depositie van organische verbindingen in spaarbekkens tot concentraties in de microgrammen per liter range is een reëel risico na een grote brand als een spaarbekken in de pluim van een brandhaard ligt op enkele kilometers afstand van de brand.

Discussie en aanbevelingen

Uit deze risicoanalyse blijkt dat luchtgebruik in de zuivering in de meeste gevallen niet leidt tot overschrijdingen van de normen in het Drinkwaterbesluit. In enkele *worst case* situaties kan dit, in ieder geval in theorie, wel het geval zijn.

De hoogst gemeten concentraties benzeen en toluen in de lucht in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit in de periode van 2003 tot en met 2007 (circa 150 µg/m³), met als gevolg een potentiële overschrijding van de norm in het drinkwater onder *worst case* condities, zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan calamiteiten.

Hoge bestrijdingsmiddelenconcentraties in de lucht als gevolg van spray drift bij hooggroeiende teelten kan een structureel probleem zijn en daarom is het niet aan te raden een waterproductiebedrijf te vestigen binnen enkele honderden meters van fruit- of boomkwekerijen.

Ook de emissie van pathogene bacteriën vanuit stallen of vanaf bemeste landbouwpercelen kan tot een overschrijding leiden van de drinkwaternorm bij een afstand van de bron tot het waterproductiebedrijf minder dan 2 kilometer, omdat dit mogelijk een bedreiging vormt voor de volksgezondheid (normen voor pathogenen in drinkwater zijn om die reden erg streng).

Met luchtfilters kunnen fijn stof en micro-organismen verregaand uit de lucht worden verwijderd. Ook virussen zouden volgens de fabrikanten met absoluutfilters verwijderd moeten kunnen worden, maar de afmetingen van virussen ligt aan de ondergrens van wat verwijderd kan worden met absoluutfilters. Een onderzoek naar de verwijdering van virussen door de absoluutfilters H13 en H14 is daarom aan te raden. Gassen worden niet door de absoluutfilters verwijderd, dus tegen te hoge concentraties benzeen of toluen in de lucht of bestrijdingsmiddelen biedt dit geen bescherming.

Om voor een specifiek waterproductiebedrijf de risico's in te schatten wordt aanbevolen de in dit rapport gebruikte methodes te gebruiken in combinatie met de specifieke gegevens over het luchtgebruik en de zuivering van het betreffende waterproductiebedrijf.

Als wordt beoogd vergaande fijnstof en roet, met eventueel hieraan gesorbeerde PAKs of zware metalen, uit de lucht te verwijderen, wordt aanbevolen om F9 fijnstoffilters te gebruiken, eventueel twee in serie.

Als een waterproductiebedrijf is gevestigd in landbouwgebieden waar de landbouwgrond bemest wordt of waar in de buurt (binnen circa 1 a 2 km) zich een megastal bevindt of rwzi met onbedekte

beluchtingstanks wordt aanbevolen op alle plekken waar grote hoeveelheden lucht wordt ingenomen en op de reinwaterkelders een H13 absoluutfilters te plaatsen, eventueel vooraf gegaan door fijnstoffilters.

Om duidelijk te krijgen hoe hoog de emissie zijn van pathogenen bij de huidige bemestingstechnieken is nader onderzoek aan te raden. Tevens is meer informatie wenselijk over de risico's van ophoping en vrijkomen van verontreinigingen in luchtfilters (micro-organismen, nucleaire deeltjes).

Aanbevelingen - calamiteiten

Bij oppervlaktewaterbedrijven kunnen luchtfilters op proceslucht en reinwaterkelders (radioactieve) deeltjes tegenhouden, maar aangezien bij een grote brand in de buurt of een nucleaire ramp ook de bronnen (spaarbekkens) gecontamineerd kunnen worden, moet ook aan deze route aandacht worden besteed. Voor oppervlaktewaterbedrijven is er bij de spaarbekkens het grootste risico op verontreiniging vanuit de lucht. In zo'n geval zijn mogelijke maatregelen: i) bypassen van de open spaarbekkens nabij de zuivering; ii) een alternatieve bron of drinkwatervoorziening gebruiken, iii) onderzoek naar ernst en verloop verontreiniging en verwijdering in de zuivering, iv) reinwaterkelders op zo constant mogelijk niveau bedrijven; v) staken filterspoelingen met lucht.

Kwakman en Reinen (2008) doen aanbevelingen bij het overtrekken van een radioactieve wolk, maar deze kunnen ook van toepassing zijn bij een grote brand in de buurt van het waterproductiebedrijf:

- gedurende korte tijd (maximaal enkele dagen) voorzuiveren van de gebruikte lucht nodig voor beluchtingsprocessen, bij voorkeur met absoluutfilters. Schadelijke gassen die vrijkomen bij een brand worden hier echter niet door tegengehouden.
- tot een minimum beperken van de beluchting gedurende enkele dagen met behoud van de minimaal vereiste waterkwaliteit.
- tijdelijk gebruik te maken van zuurstof of perslucht. Het op een korte termijn inpassen hiervan in de zuivering kan een probleem zijn.

Het tijdelijk stoppen van de inname van verontreinigd ruwwater uit het spaarbekken en, indien mogelijk, gebruik maken van niet verontreinigd ruwwater, is een belangrijke optie voor het winnen van tijd voor het nemen van verdere maatregelen en analyse van watermonsters om de omvang van het probleem in kaart te brengen. In de tussentijd kan de verontreiniging in de voorraadbekkens door fysisch verval (in geval van radionucliden) of door sedimentatie afnemen (Kwakman en Reinen, 2008). Indien de verontreiniging in het bekken slechts bestaat uit deeltjes en deze deeltjes in infiltratiepanden of zuivering volledig worden verwijderd, kan de inname mogelijk doorgaan. De verontreinigingen in het bekken zullen gemonitord moeten worden en indien het water uit het bekken gebruikt wordt voor de drinkwaterproductie zal geëvalueerd moet worden of de zuivering voor voldoende verwijdering zorgt.

Inhoud

Voorwoord	1
Afkortingen	3
Samenvatting	5
Inhoud	13
1 Inleiding	19
1.1 Aanleiding	19
1.2 Doel	19
1.3 Leeswijzer	19
2 Aanpak risicoanalyse en gebruikte methodes	21
3 Luchtfiltratie voor waterbehandeling	23
4 Risicoanalyse wpb Welschap (Brabant Water): snelweg en Q-koorts	27
4.1 Samenvatting	27
4.2 Inleiding	27
4.3 Zuiveringsproces	28
4.4 Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen	28
4.5 Omgeving en luchtverontreiniging	29
4.6 Rekenmethodes en gebruikte informatiebronnen	30
4.7 Resultaten en discussie wpb Welschap	32
4.7.1 Luchtkwaliteit op wpb Welschap als gevolg van snelweg A2	32
4.7.2 Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten	33
4.7.3 Worst case concentraties in water	34
4.7.4 Q-koorts	36
4.8 Conclusies	37
4.9 Aanbevelingen	38
5 Risicoanalyse pb Berenplaat (Evides): zware industrie	39
5.1 Samenvatting	39
5.2 Inleiding	39
5.3 Zuiveringsproces	40
5.4 Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen	40
5.5 Omgeving en luchtverontreiniging	42
5.5.1 Milieuincidenten	43
5.5.2 Bedrijfs- en incidentmeldingen	44

5.5.3	Handelen in geval van calamiteit	45
5.6	Rekenmethodes en gebruikte informatiebronnen	46
5.7	Resultaten en discussie pb Berenplaat	47
5.7.1	Depositie van verzurende en vermestende stoffen	47
5.7.2	Jaargemiddelde concentraties in de lucht in de buurt van pb Berenplaat	47
5.7.3	Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten	48
5.7.4	Worst case concentraties in water	50
5.7.5	Verhoogde concentratie door industrie in de buurt van pb Berenplaat	53
5.8	Conclusies	54
5.9	Aanbevelingen	55
6	Risicoanalyse pb Kralingen (Evides): industrie, RWZI en snelweg	57
6.1	Samenvatting	57
6.2	Inleiding	57
6.3	Zuiveringsproces	58
6.4	Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen	60
6.5	Omgeving en luchtverontreiniging	61
6.6	Rekenmethodes en gebruikte informatiebronnen	62
6.7	Resultaten en discussie pb Kralingen	63
6.7.1	Depositie van verzurende en vermestende stoffen	63
6.7.2	Jaargemiddelde concentraties luchtverontreiniging in de buurt van pb Kralingen	64
6.7.3	Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten	64
6.7.4	Worst case concentraties in water	67
6.7.5	Verhoogde concentraties in de lucht door aanwezige industrie in de buurt van pb Kralingen	70
6.7.6	Verhoogde concentraties in de lucht door emissie vanaf de A16	70
6.7.7	Rwzi Kralingseveer	71
6.8	Conclusies	74
6.9	Aanbevelingen	75
7	Risicoanalyse pb Nietap (Waterbedrijf Groningen): bestrijdingsmiddelen, Q-koorts en pathogenen uit intensieve landbouw	77
7.1	Samenvatting	77
7.2	Inleiding	78
7.3	Zuiveringsproces pb Nietap	78
7.4	Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen	79
7.5	Omgeving en luchtverontreiniging	81
7.6	Methode en gebruikte informatiebronnen	82
7.7	Resultaten en discussie pb Nietap	82
7.7.1	Jaargemiddelde concentraties van luchtverontreinigende componenten in de buurt van pb Nietap	82
7.7.2	Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten	83
7.7.3	Worst case concentraties chemische verontreinigingen in water	84
7.7.4	Bestrijdingsmiddelen	86
7.7.5	Q-koorts	90
7.7.6	Risico's ziekteverwekkers in mest	90

7.7.7	Risico's autoweg N273	96
7.8	Conclusies	96
7.9	Aanbevelingen	97
8	Risicoanalyse pb Annen (WMD): bestrijdingsmiddelen en pathogenen uit intensieve landbouw	99
8.1	Samenvatting	99
8.2	Inleiding	99
8.3	Zuiveringsproces	99
8.4	Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen	100
8.5	Omgeving en luchtverontreiniging	102
8.6	Methodes en gebruikte informatiebronnen	102
8.7	Resultaten en discussie pb Annen	102
8.7.1	Inleiding	102
8.7.2	Worst case concentraties chemische verontreinigingen in water	102
8.7.3	Risico's bestrijdingsmiddelen	102
8.7.4	Risico's ziekteverwekkers in mest	103
8.8	Conclusies	103
8.9	Aanbevelingen	103
9	Risicoanalyse OPB de Beitel (WML): industrie, snelweg en Q-koorts	105
9.1	Samenvatting	105
9.2	Inleiding	105
9.3	Zuiveringsproces	106
9.4	Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-waterverhoudingen	106
9.5	Omgeving en luchtverontreiniging	108
9.6	Rekenmethodes en gebruikte informatiebronnen	111
9.7	Resultaten en discussie OPB de Beitel	112
9.7.1	Jaargemiddelde concentraties in de buurt van OPB de Beitel	112
9.7.2	Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten	112
9.7.3	Worst case concentraties in water	114
9.7.4	Invloed van snelweg A76 en N281 op de luchtkwaliteit	116
9.7.5	Invloed industrie op concentraties verontreinigingen in drinkwater OPB De Beitel	116
9.7.6	Q-koorts	118
9.8	Conclusies	119
9.9	Aanbevelingen	119
10	Risico's van een brand voor de drinkwaterkwaliteit	121
10.1	Inleiding	121
10.2	Emissies van schadelijke stoffen bij branden	121
10.2.1	Achtergrondinformatie	121
10.2.2	Anorganische componenten	122
10.2.3	Vluchtige organische componenten	122
10.2.4	Stofvormige componenten	123

10.2.5	Overzicht geëmitteerde stoffen bij verschillende brandtypes	124
10.2.6	Concentraties in het water bij drinkwaterbehandeling	124
10.2.7	Conclusie	128
10.3	Brand bij Chemie-Pack in Moerdijk	128
10.3.1	Inleiding	128
10.3.2	Luchtmetingen	129
10.3.3	Resultaten luchtmetingen	130
10.3.4	Conclusies luchtmetingen	133
10.3.5	Directe monsternamen water	134
10.3.6	Resultaten analyse watermonsters	134
10.3.7	Conclusies watermetingen	135
11	Algemene Discussie	137
11.1	Inventarisatie luchtfilters in de drinkwaterzuivering	137
11.2	Vergelijking luchtfilters op de zes productiebedrijven	137
11.3	Discussie huidige beleid luchtfiltratie	138
11.4	Advies RIVM en VROM	139
11.5	Advies naar aanleiding van deze risicoanalyse	140
11.6	Verwijdering luchtverontreiniging in de zuivering	143
12	Algemene conclusies	145
13	Aanbevelingen	149
14	Literatuur	151
I	Bijlage: gebruikte methoden en modellen	153
II	Bijlage: luchtmeetnetten in Nederland	161
III	Bijlage: EU-grenswaarden voor de luchtkwaliteit	163
IV	Bijlage: De luchtkwaliteit van Nederland	165
V	Bijlage: meldingen vanwege slechte luchtkwaliteit en stank in het Rijnmondgebied in 2009	181
VI	Bijlage: emissies van grote bedrijven in het Rijnmondgebied (2008)	185
VII	Bijlage: vragenlijst Risico's Luchtgebruik voor BTO waterleidingbedrijven	189
VIII	Bijlage: Henrycoëfficiënten van enkele gassen	191
IX	Bijlage: concentraties van luchtverontreinigende componenten bij verschillende soorten branden.	193
X	Bijlage: analyses van veegmonsters	201
XI	Bijlage: achtergrondconcentratie in de lucht in Nederland	203
XII	Bijlage: depositiemetingen	207
XIII	Bijlage: overzichten geëmitteerde stoffen bij verschillende brandtypes	209

XIV	Bijlage: concentratie bestrijdingsmiddelen in lucht bij emissie uit kassen	211
XV	Bijlage: stabiliteitsklassen volgens Pasquill (Nieuwstadt, 1975)	215

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de drinkwaterzuivering wordt omgevingslucht gebruikt om zuurstof in het water te brengen en om ongewenste vluchtige verbindingen uit het water te verwijderen, bijvoorbeeld ontzuring of ontgassing (proceslucht). Ook is het drinkwater in bijvoorbeeld reinwaterkelders in contact met lucht (beademingslucht) en wordt lucht gebruikt bij het spoelen van filters (spoellucht). De lucht wordt in veel gevallen voor gebruik gefiltreerd om chemische of microbiologische besmetting te voorkomen.

In 2008 zijn de toegepaste luchtfiltratietechnieken en het beleid ten aanzien van luchtfiltratie van de verschillende drinkwaterbedrijven geïnventariseerd (KWR rapport 08.084). Het doel was om helder te krijgen op welke basis bedrijven luchtfiltratie toepassen en op welke manier ze dat nu doen. Enkele drinkwaterbedrijven hebben beleid op papier ten aanzien van de luchtfiltratie, gebaseerd op algemene uitgangspunten. Op sommige grondwaterbedrijven vindt geen luchtfiltratie plaats. Daar ligt geen analyse van het risico aan ten grondslag. Vanuit de overheid zijn er geen eenduidige beleidsrichtlijnen opgesteld voor lucht en luchtfiltratie in de drinkwaterbereiding. Proces(lucht) wordt in de Regeling materialen en chemicaliën drink- en warmtapwatervoorziening niet genoemd met een vereiste minimale kwaliteit. De aanbeveling vanuit de inventarisatie (KWR rapport 08.084) was om in het bedrijfstakonderzoek een risicoanalyse uit te voeren voor het gebruik van lucht in de drinkwaterzuivering.

Recentelijk is de interesse bij de waterleidingbedrijven in luchtfiltratie en de kwaliteit van de lucht die gebruikt wordt in de drinkwaterzuivering toegenomen als gevolg van grote branden bij Chemie-Pack Moerdijk (5 januari 2011) en in het westelijk havengebied van Amsterdam (22 februari 2011). Deze branden bedreigden de (oppervlakte)waterkwaliteit. Tevens was er de aardbeving in Japan (voorjaar 2011), waarbij radioactief materiaal uit een kerncentrale in het (drink)water terecht kwam. De risico's van branden in de buurt van waterproductiebedrijven zullen worden besproken in dit rapport. Voor de risico's van radioactieve straling (via lucht en water) voor de drinkwaterkwaliteit wordt in 2011 een apart BTO-project gestart (Quickscan herevaluatie meetstrategie drinkwater bij nucleaire ongevallen).

1.2 Doel

Het doel van het project "Risico's van luchtgebruik in de drinkwaterzuivering" is om de risico's te inventariseren van het gebruik van proceslucht in de zuivering voor de drinkwaterkwaliteit. Dit gebeurt aan de hand van zes casestudies (waterproductiebedrijven) met elk eigen specifieke risicobronnen in de buurt. Bij de oppervlaktebedrijven wordt ook nog ingegaan op risico's van contaminatie van de spaarbekkens via de lucht. Verder wordt het risico van branden geëvalueerd voor de drinkwaterkwaliteit voor een niet specifieke locatie. Met deze risico-inventarisatie kunnen gefundeerde aanbevelingen worden gedaan voor het gebruik van luchtfilters. De drinkwaterbedrijven kunnen daarmee hun beleid opstellen ten aanzien van het gebruik van lucht in de zuivering.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van de risicoanalyse. Details over de gebruikte methodes en modellen zijn te vinden in Bijlage. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de verschillende luchtbehandelingssystemen die gebruikt worden in de drinkwaterzuivering. In de hoofdstukken 4 tot en met 9 is voor de zes geselecteerde productielocaties een risicoanalyse uitgevoerd. In hoofdstuk 10 wordt het risico bepaald voor de drinkwaterkwaliteit na een grote brand voor een niet-specifieke locatie in Nederland. Ten slotte volgen de algemene discussie, conclusies en aanbevelingen (hoofdstukken 11-13).

2 Aanpak risicoanalyse en gebruikte methodes

Er zijn zes waterproductiebedrijven geselecteerd om een risicoanalyse uit te voeren. De locaties zijn aangedragen door de waterleidingbedrijven en het zijn zowel grondwater- als oppervlaktewaterbedrijven met verschillende (potentiële) bronnen van luchtverontreiniging in de omgeving. De locaties en hun potentiële risicobronnen voor de luchtkwaliteit zijn:

- OPB de Beitel (WML): industrie, snelweg en Q-koorts
- pb Kralingen (Evides): grootschalige industrie, RWZI en snelweg
- pb Berenplaat (Evides): grootschalige industrie
- pb Nietap (WBG): bestrijdingsmiddelen, Q-koorts en pathogenen (intensieve landbouw)
- pb Annen (WMD): bestrijdingsmiddelen en pathogenen (intensieve landbouw)
- wpb Welschap (Brabant Water): Q-koorts en snelweg

Voor elke locatie is door het betreffende bedrijf een vragenlijst ingevuld waarin informatie werd gevraagd over het zuiveringsproces (met name over de lucht- en waterdebieten), luchtverontreinigingsbronnen in de buurt en beleid en metingen met betrekking tot lucht. In Bijlage: is de originele vragenlijst terug te vinden. De antwoorden zijn verwerkt in de verschillende hoofdstukken en er is aanvullende informatie bij de bedrijven opgevraagd.

Een belangrijke informatiebron voor de luchtkwaliteit in Nederland is het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM. In het Rijnmondgebied worden nog extra metingen gedaan door de Milieudienst Rijnmond (DCMR). **Als *worst case scenario* zijn de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten gebruikt in de periode van 2003 tot en met 2008 van meetstations in de buurt van een productielocatie.** Het gaat hier om zeer frequente metingen (uurgemiddelden of daggemiddelden). Meer informatie over het LML is te vinden in Bijlage.

Naast meetgegevens uit luchtmeetnetten wordt met behulp van luchtverspreidingsmodellen de luchtkwaliteit rond de productiebedrijven geschat vanaf specifieke verontreinigingsbronnen. Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van het CAR-model (<http://car.infomil.nl>) om emissies vanaf wegen te schatten en van verschillende gemodificeerde Gaussisch Pluimmodellen (TNO-SCMO, 1994) om gasemissies van de industrie te simuleren en bestrijdingsmiddelen van landbouwpercelen. Meer informatie over deze simulatiemodellen is te vinden in Bijlage.

Microbiologische verontreinigingen worden niet via een landelijk meetnet gemeten. Voor een schatting van de concentratie van bijvoorbeeld Q-koorts in de lucht of het microbiologische risico van een rwzi in de buurt van een productiebedrijf is uitgaan van gerapporteerde metingen in literatuurstudies.

Op verschillende plekken in de zuivering komt het water in contact met (proces)lucht. Dit kan intensief contact zijn (bijvoorbeeld beluchting- en ontgassingstorens, cascades, terugspoelen zandfilters) of passief contact (bijvoorbeeld ademlucht in de reinwaterkelders). Soms zijn de lucht-waterverhoudingen bekend. **Als *worst case schatting* voor de drinkwaterkwaliteit van een productiebedrijf als gevolg van luchtverontreiniging wordt uitgegaan van een volledige overdracht van componenten vanuit de lucht naar het water bij het proces in de zuivering met de hoogste lucht-waterverhouding.**

In het geval van een innamebekken waarboven de lucht continu wordt ververst is er een passieve uitwisseling tussen lucht en water. Bij een innamebekken wordt als *worst case* situatie uitgegaan van een evenwicht tussen de *worst case* concentratie in de lucht en de waterfase. Een tweede manier waarop concentraties van enkele luchtverontreinigende stoffen in het water van ontvangstbekken zijn bepaald is met behulp van de depositiegegevens van verzurende en vermestende stoffen.

Nadat concentraties van luchtverontreinigende componenten in de waterfase zijn geschat zonder gebruik van luchtfiltratie wordt de invloed van de bestaande luchtfiltratie op de lucht- en waterkwaliteit besproken.

De geschatte *worst case* concentraties in het water van de zuivering worden ook vergeleken met de ruw- en reinwater concentraties die door de bedrijven gemeten zijn en worden vergeleken met de normen in het Drinkwaterbesluit (Tabel 1).

Risico's voor de drinkwaterkwaliteit na een grote brand worden bepaald voor een niet-specifieke locatie in Nederland. Dit gebeurt aan de hand van luchtmetingen op verschillende afstanden van grote branden door de Milieu Ongevallendienst (MOD) en met metingen die beschikbaar kwamen na de grote brand bij Chemie-Pack in Moerdijk op 5 januari 2011. De geschatte *worst case* concentraties in het drinkwater worden getoetst aan de normen in het Drinkwaterbesluit (Tabel 1).

Tabel 1. Kwaliteitseisen van enkele stoffen uit het Drinkwaterbesluit 2011.

(http://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/geldigheidsdatum_13-07-2011#BijlageA14)

Stof	Eenheid	Norm
Nitraat	mg/l	50
Nitriet	mg/l	0,1
Ammonium	mg/l	0,20
Sulfaat	mg/l	150
Cadmium	µg/l	5
Arseen	µg/l	10
Koper	mg/l	2,0
Lood	µg/l	10
Nikkel	µg/l	20
Zink	mg/l	3
Benzeen	µg/l	1
Benzeen/monocyclische koolwaterstoffen/ aromaten (totaal)	µg/l	1
Benzo(a)pyreen (PAK)	µg/l	0,01
PAKs (som van 10 PAKs)	µg/l	0,1
Pesticiden (individueel)	µg/l	0,10
Pesticiden (som)	µg/l	0,50
<i>Escherichia coli</i>	kve/100 ml	0
Enterococcen	kve/100 ml	0
(entero)virussen		Noot 1
Giardia		Noot 1
Cryptosporidium		Noot 1
Campylobacter		Noot 1
Bacteriofagen		Noot 1
KG22	kve/100 ml	100

Noot 1) Micro-organismen mogen krachtens artikel 21, eerste lid, en artikel 25 van de wet, niet in een zodanige concentratie in het drinkwater voorkomen dat nadelige gevolgen voor de volksgezondheid kunnen ontstaan. Voor bepaalde micro-organismen, zoals virussen en protozoa (onder meer Cryptosporidium en Giardia), is het niet mogelijk om concentraties te meten op het zeer lage niveau, waarop blootstelling relevant is voor de gezondheid van de gebruiker. In plaats hiervan dient de eigenaar die gebruik maakt van oppervlaktewater als grondstof voor de bereiding van drinkwater op basis van metingen van de desbetreffende micro-organismen in de grondstof en gegevens over de verwijderingscapaciteit bij de verschillende zuiveringsprocessen (inclusief eventuele bodempassages) in overleg met de inspecteur een kwantitatieve risicoanalyse voor het bereide drinkwater op te stellen. De VROM-Inspectierichtlijn «Analyse microbiologische veiligheid drinkwater» dient hiertoe gebruikt te worden. Voor het door middel van deze risicoanalyse berekende theoretische infectierisico geldt een grenswaarde van één infectie per 10 000 personen per jaar. De toetsing aan deze grenswaarde voor het infectierisico dient in elk geval te worden uitgevoerd voor Enterovirussen, Cryptosporidium en Giardia, maar geldt in principe ook voor andere pathogene micro-organismen. Indien het berekende infectierisico groter is dan de genoemde grenswaarde, dient de eigenaar met de inspecteur te overleggen over te nemen maatregelen. De inspecteur kan bepalen dat voor kwetsbare grondwaterwinningen eenzelfde risicoanalyse wordt uitgevoerd. Tot de groep van bacteriofagen worden in elk geval gerekend de somatische colifagen en de F-specifieke bacteriofagen.

3 Luchtfiltratie voor waterbehandeling

De omgevingslucht op de drinkwaterzuivering wordt soms onbehandeld ingenomen, maar meestal wordt een vorm van luchtfiltratie toegepast via grofstoffilters, fijnstoffilters of absoluutfilters. Hieronder volgt een korte omschrijving gegeven van grofstoffilters, fijnstoffilters, absoluutfilters en ULPA-filters.

Grofstoffilters

Volgens NEN-EN 779 (gravimetrische methode). Deze luchtfilters, met mazen in de orde van een millimeter, zijn bedoeld om grove deeltjes uit de lucht te filtreren. De filters kunnen gebruikt worden om fouling op mechanische systemen te voorkomen en als voorfilter voor fijnere filters. Hierbij moet worden gedacht aan het tegenhouden van vliegen, bladeren, kruipend ongedierte, enzovoorts (Tabel 2 en Tabel 3). De verwijderingspercentages in Tabel 2 ("Arrestance") zijn gemiddelde waardes gebruikmakend van gestandaardiseerde synthetisch teststof.

Fijnstoffilters

Volgens NEN-EN 779 (ontkleuringstest). Deze luchtfilters zijn bedoeld om deeltjes in de orde van een micrometer uit de lucht te filtreren. Hierbij moet worden gedacht aan het tegenhouden van stuifmeelkorrels en sommige bacteriën (Figuur 2). De verwijderingspercentages in Tabel 2 zijn gemiddelde waardes bepaald met natuurlijk voorkomend stof uit atmosferische lucht. Het gemiddelde verwijderingspercentage is gedefinieerd voor deeltjes van $0,4 \mu\text{m}$ (*most penetrating particle size*, MPPS). De mate van verwijdering van die deeltjes varieert van het soort filter tussen de 40% en meer dan 95% (Tabel 2).

Grofstof- en fijnstoffilters hebben hun laagste efficiëntie als ze nieuw zijn en hun hoogste efficiëntie aan het einde van hun levensduur.

HEPA-filters (zweefstoffilters, absoluutfilters)

Volgens EN-1822. *High Efficiency Particulate Air* (HEPA) filters zijn bedoeld om deeltjes met een hoge efficiëntie uit de lucht te verwijderen. Met de MMPS-test wordt de mate van verwijdering nagegaan van luchtdeeltjes met een diameter tussen $0,1$ en $0,2 \mu\text{m}$. Dit varieert van 85% tot meer dan 99,995% (Tabel 2). In het verleden werd voor het testen van deze filters de Eurovent 4/4 natriumchloride test gebruikt. Met absoluutfilters worden geen gassen tegengehouden.

Highly efficient air filters ULPA type

Volgens EN-1822. De ULPA-filters (*ultra low penetration airfilter*) worden momenteel niet bij waterproductiebedrijven gebruikt. Ze worden toegepast bij zeer hoogwaardige technieken als de semi-halfgeleiderindustrie of in specifieke laboratoria. De weerstandopbouw in deze filters is hoger dan bij absoluutfilters H13 en H14. Voor HEPA- en ULPA-filters wordt een minimale verwijdering gegarandeerd op het moment dat ze nieuw geïnstalleerd zijn.

Daarnaast is het nog mogelijk om op actief kool gebaseerde luchtfilters te gebruiken om gassen als SO_2 , NO_2 , HCl en Cl_2 te verwijderen. Dit wordt niet toegepast voor drinkwaterproductie. Ook het aanbrenge van een adsorptiemiddel op bovengenoemde luchtfilters is mogelijk.

Tabel 2. Indeling luchtfilterklassen en verwijderingsrendement (bron: McLeodRussel, Test proceedings for air filters, jaartal onbekend).

Filtertype	Filtertest referentie en classificatie	
Primair filter voor de verwijdering van grof stof	Grofstoffilters - EN779 arrestance % (Am)	
	G1	< 65
	G2	65 - 80
	G3	80 - 90
	G4	>90 (Em ~ 40*)
Secondair filter voor de verwijdering van fijnstof	Fijnstoffilters - EN779 efficiency % (Em)	
	F5	40 - 60 (Am ~ 95*)
	F6	60 - 80
	F7	80 - 90
	F8	90 - 95
Luchtfilters voor zeer fijnstof van het type semi-HEPA en HEPA	HEPA-filters - EN1822 minimale MPPS % (Di)	
	H10	85 (Em ~ 100*)
	H11	95
	H12	99,5
	H13	99,95
Hoog efficiënte luchtfilters van het type ULPA	ULPA-filters - EN1822 minimale MPPS % (Di)	
	U15	99,9995
	U16	99,99995
	U17	99,999995

* informatieve waarde om te kunnen vergelijken tussen de verschillende testmethodes.

Tabel 3. Voorbeelden van verwijderde componenten door de luchtfilters (McLeod Russel, brochure "Test proceedings for air filters")

Filtergroep	Verschillende benamingen	Effectief voor deeltjesgrootte (µm)	Geschikt voor verwijdering
Grofstoffilter	EU-1; G1	10	bladeren
	EU-2; G2		Insecten, haren, zand, vlieggas, waterdruppels
	EU-3; G3		Strandzand
	EU-4; G4		Plantensporen, pollen, mist
Fijnstoffilter	EU-5; F5	1	Sporen, fijn cementstof,
	EU-6; F6		Grotere bacteriën, ziektekiemen op fijnstof (PM10)
	EU-7; F7; FP-85		Geagglomereerd roet
	EU-8; F8		Zeer fijn stof (PM2,5),
	EU-9; F9		Ruwe fractie tabaksrook, bacteriën, ruwe fractie metallurgische rook
Zweefstoffilter, HEPA-Filters	H10	0,01	Ziektekiemen
	H11		Tabaksrook, metallurgische rook, virussen op dragerdeeltjes
	H12		Oliedampen
	H13		Zeezoutdeeltjes, virussen, radioactieve deeltjes, alle lucht-gesuspendeerde deeltjes
	H14		alle lucht-gesuspendeerde deeltjes, virussen

In het geval van een niet geforceerde beluchting is luchtfiltratie via grofstoffilters de aangewezen methode om het binnendringen van grove deeltjes te beperken. Dit werd in het verleden niet altijd toegepast. Gedocumenteerde afwijkingen van de drinkwaterkwaliteit veroorzaakt door het ontbreken van grofstoffilters zijn niet bekend. Inmiddels zijn bijna alle productiebedrijven minimaal voorzien van grofstoffilters (Roest, 2008).

De standaard luchtbehandeling van reinwaterberging is filtratie door zweefstoffilters. Op reinwaterbergingen wordt daarvoor vaak gebruik gemaakt van klasse HEPA glasvezel filters (H13). Dezelfde typen filters worden ook toegepast voor de luchtbehandeling in *clean rooms*, operatiekamers en LAF-kasten in virologische laboratoria voor de bescherming van product, patiënt en werknemer.

De HEPA luchtfilters worden getest met deeltjes van 0,1 – 0,2 µm, omdat deze deeltjesgrootte het meest kritisch is voor doorslag: grotere deeltjes raken bekneld tussen vezels (zeefwerking), terwijl kleinere deeltjes (door hun grotere Brownse beweging) een grotere kans hebben om tijdens hun transport door het filter tegen een vezel te botsen en te blijven vastzitten door elektrostatische en/of London-Vanderwaalskrachten.

Ook de fijnstoffilters hebben een minimaal verwijderingsrendement bij een bepaalde deeltjesgrootte (ronde circa 0,3 µm) en verwijderen beter bij een kleinere diameter van de deeltjes (tot circa 0,01 µm) of een grotere diameter (Figuur 1).

Om een indruk te krijgen welke deeltjes door een bepaald type luchtfilter verwijderd worden, is in Figuur 2 de deeltjesgrootte weergegeven van verschillende deeltjes die in lucht voor kunnen komen.

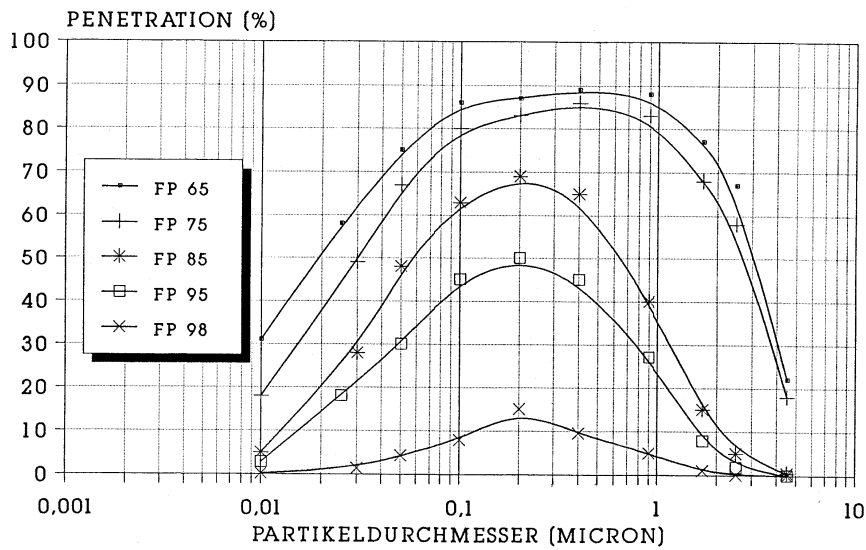
Luchtfiltratie door HEPA-filters kan voldoende retentie (>99,99%) voor aërosolen leveren. Volgens Van der Woerd e.a. (1999) is de retentiecapaciteit van de filters onder worst case condities volledig nodig om afdoende verwijdering te realiseren.

Het is niet geheel duidelijk of de HEPA-filters ook voldoende bescherming bieden tegen virussen in de lucht. HEPA-filters (H13) hebben een verwijderingsefficiëntie van minimaal 99,95% voor deeltjes tussen 100 en 300 nm (0,1-0,3 µm) die het meest doordringen (MPPS). Virussen hebben een afmeting van circa 10 nm (of zelf 2 nm) tot 60 nm. Op de website www.medicalairsolutions.com/techref/hepa_filters.htm wordt aangegeven dat deeltjes tussen 10 en 60 nm goed door HEPA-filters verwijderd worden. Volgens deze website ligt de ondergrens van verwijdering op 1 nm. Ze baseren zich op gegevens van leveranciers en overheidsinstanties uit de Verenigde Staten. In de productbrochure van McLeod Russel wordt aangegeven dat virussen worden verwijderd door het HEPA H14 filters. De leveranciers berepen zich op hun testen met deeltjes. Die deeltjes zouden het meest kritisch zijn omdat de DLVO theorie aangeeft dat grotere deeltjes beter worden verwijderd door zeefwerking en de kleinere door meer hechtingskans door meer beweeglijkheid. Een verwijderingspercentage of andere kwantitatieve gegevens worden echter niet getoond, verificatie of dit geldt voor virusaerosolen is nodig. Er zijn in het verleden geen resultaten van challenge testen met virusaerosolen gevonden. Heel recent (2012) onderzoek bij biologisch veiligheidskabinet laat zien dat virussen (0,03-0,07 µm) wel (op laag niveau) door HEPA kunnen komen, i.t.t. bacteriën (1-3 µm).

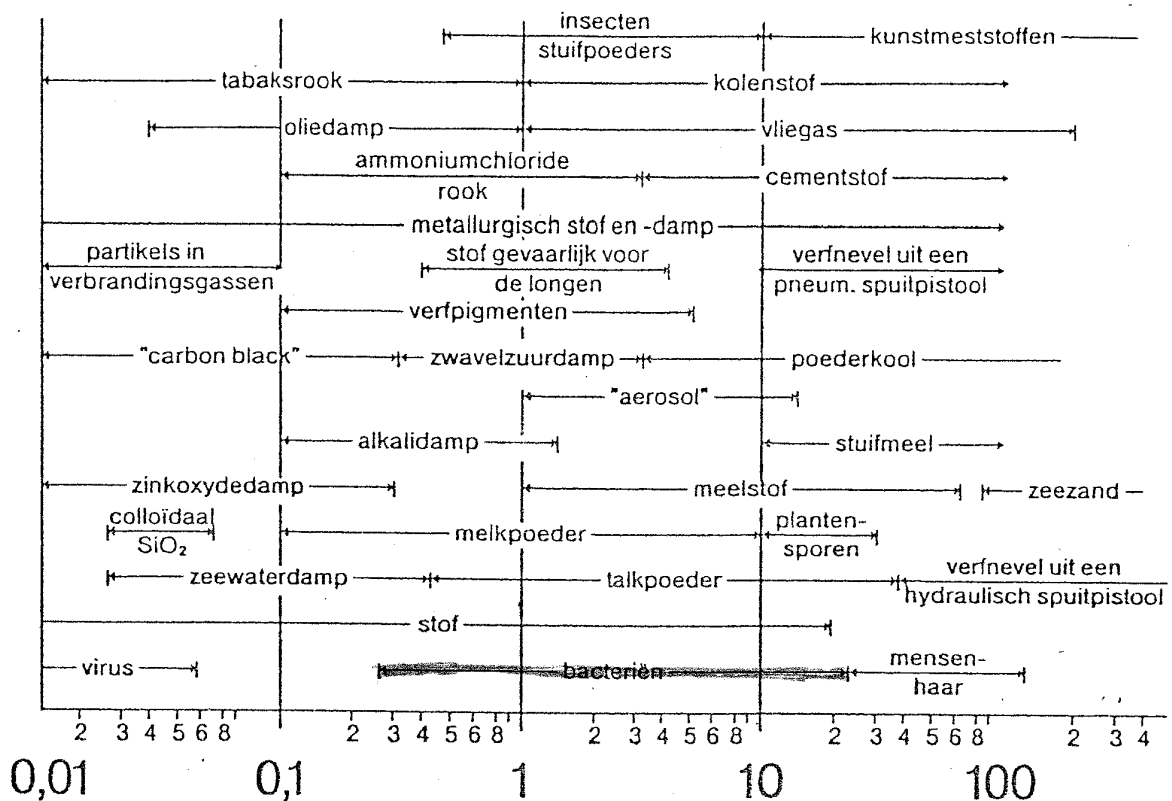
Bij de installatie van de luchtfilters in hun behuizing moet de afdichting absoluut zijn om het filterrendement te kunnen garanderen. Een lek in de afdichting waardoor één procent van de luchtstroom loopt, reduceert het verwijderingsrendement tot 99 procent. De afdichtingen van de filters zijn in principe lekdicht. Dit is in de praktijk echter moeilijk te controleren door de geringe drukval over het filter.

Tijdens de bedrijfsvoering vangt het filter deeltjes uit de lucht, waardoor het filteroppervlak vervuult. Door inwerking van fysische factoren (grote drukverschillen en vorst), chemische reactie van stoffen in afgevangen deeltjes met het filtermateriaal en biologische activiteit (groei bacteriën en schimmels op de afgevangen deeltjes in het filter, met name bij condensvorming op het filter) kan het filtermateriaal beschadigd raken waardoor het filter lekt en niet meer de opgegeven verwijderingsrendementen haalt. Ook hier wordt het verwijderingsrendement dan afhankelijk van de grootte van de lekstroom.

Een praktisch instrument voor continue waarborging van de filterintegriteit van reinwaterbergingsfilters tijdens de bedrijfsvoering is niet voorhanden. Om te voorkomen dat onderdruk in de berging ontstaat wordt de filterbehuizing van luchtbehandelingsfilters voorzien van een onderdrukbescherming in de vorm van een breekplaat (folie). Als dit folie breekt (bijvoorbeeld tijdens vorst, wanneer het filter door bevroering dicht kan slaan), is er geen barrière meer. Er zijn technische maatregelen voorhanden om dit risico te beperken, zoals verwarming en drukvalmeting (Van der Woerd e.a., 1999).



Figuur 1. Doordringing van deeltjes bepaald bij fijnstoffilters van McLeod Russel (FP65/FP75 = F6, FP85 = F7, FP95 = F8, FP98 = F9).



Figuur 2. Deeltjesgrootte van stoffen die in de lucht kunnen voorkomen.

4 Risicoanalyse wpb Welschap (Brabant Water): snelweg en Q-koorts

4.1 Samenvatting

Wpb Welschap is gelegen in Eindhoven op circa 60 meter van de rand van de A2. Omdat dit een druk bereden snelweg is, vinden er aanzienlijke verkeersemissies plaats. Het zuiveringsproces bestaat uit cascadebeluchting, voorfiltratie, beluchting/ontgassing (BOT) en nafiltratie. Een fijnstoffilter F7 en een absoluutfilter H13 worden in serie gebruikt op de plekken waar de lucht wordt ingenomen, namelijk voor de cascadebeluchting, de BOTs, de beademing van de RWKs en voor de spoellucht blowers van de zandfilters. Omdat bij de BOTs verreweg het meeste lucht wordt gebruikt (RQ = 17) is dit de risicobepalende stap.

De jaargemiddelde concentraties NO₂, SO₂, CO, benzeen, benzo(a)pyreen en PM10 op 50 en 100 meter van de weg zijn geschat met het CAR-model en komen redelijk overeen met de werkelijk gemeten concentraties op de luchtmeetstations langs de snelweg in de buurt van wpb Welschap. Concentraties zijn verhoogd ten opzichte van de achtergrondconcentratie. Op een afstand van 50 meter van de weg is dit een verhoging met 12% (SO₂) tot een factor 4 (benzeen).

Rijkswaterstaat verwacht in 2020 een vermindering in schadelijke emissies vanaf de A2 bij wpb Welschap ten opzichte van 2010 vanwege schonere verbrandingsmotoren terwijl de verkeersintensiteit in die periode vermoedelijk wel met circa 14% toeneemt. Ook de simulatie met het CAR-model geeft een daling aan van de emissies van NO₂, SO₂, CO, benzeen, benzo(a)pyreen en PM10 vanaf de snelweg tussen 2010 en 2020, zelfs bij een hogere verkeersintensiteit als gevolg van schonere verbrandingsmotoren. Op basis van de huidige en de toekomstige luchtkwaliteit (2020) bij wpb Welschap, en bij een aanname van volledige stofoverdracht van verontreinigingen van lucht naar water bij RQ = 17 (BOTs) zijn geen normoverschrijdingen te verwachten voor de drinkwaterkwaliteit als gevolg van de snelweg bij gebruik van lucht in de zuivering.

Het risico van infectie met Q-koorts via drinkwater is verwaarloosbaar klein ten opzichte van het risico bij directe inademing van de Q-koorts bacterie. De afstand van wpb Welschap tot de dichtstbijzijnde Q-koortshaard tijdens de uitbraak in 2009 was circa 10 kilometer wat een jaarlijks infectierisico oplevert van $5,3 \times 10^{-8}$ via het drinkwater. Voor alle transmissieroutes samen (vooral inademen) was het gemiddelde infectierisico in 2009 in Nederland $1,4 \times 10^{-4}$.

Voor Wpb Welschap is door Brabant Water tegen het bedrijfsbeleid in bewust gekozen voor absoluutfilters in verband met het risico van luchtverontreiniging vanaf de snelweg. Er wordt een F7 fijnstoffilter gebruikt gevolgd door een absoluutfilter H13 op verschillende plekken waar lucht wordt ingenomen (cascade, BOT, reinwaterkelder, spoelluchtblowers). Het behoud van fijnstoffilters op plekken waar lucht wordt ingenomen wordt aangeraden als veiligheidsbarrière tegen fijnstof en roet vanaf het wegverkeer en tegen Q-koorts of andere ongewenste micro-organismen.

Op grond van de huidige risicoanalyse kan gesteld worden dat het gebruik van absoluutfilters niet noodzakelijk lijkt om risico's van luchtgebruik in deze zuivering tegen te gaan. Indien verregaande verwijdering van fijnstof uit de lucht gewenst is, kan als alternatief worden overwogen om twee F9 fijnstoffilters in serie te plaatsen. Met deze twee F9 fijnstoffilters in serie wordt minimaal 98% van het fijnstof verwijderd (zie Figuur 1 in Hoofdstuk 3).

4.2 Inleiding

Waterproductiebedrijf (wpb) Welschap (Brabant Water NV) is gelegen in Eindhoven aan de Vensedijk 7. Er wordt jaarlijks bijna 4 miljoen m³ drinkwater geproduceerd voor een deel van Eindhoven en enkele omliggende plaatsen. Het dichtstbijzijnde punt van wpb Welschap lag op 78 meter van de rand van de A2. De afgelopen jaren is gewerkt aan de verbreding van de A2, ook langs wpb Welschap. De rand van

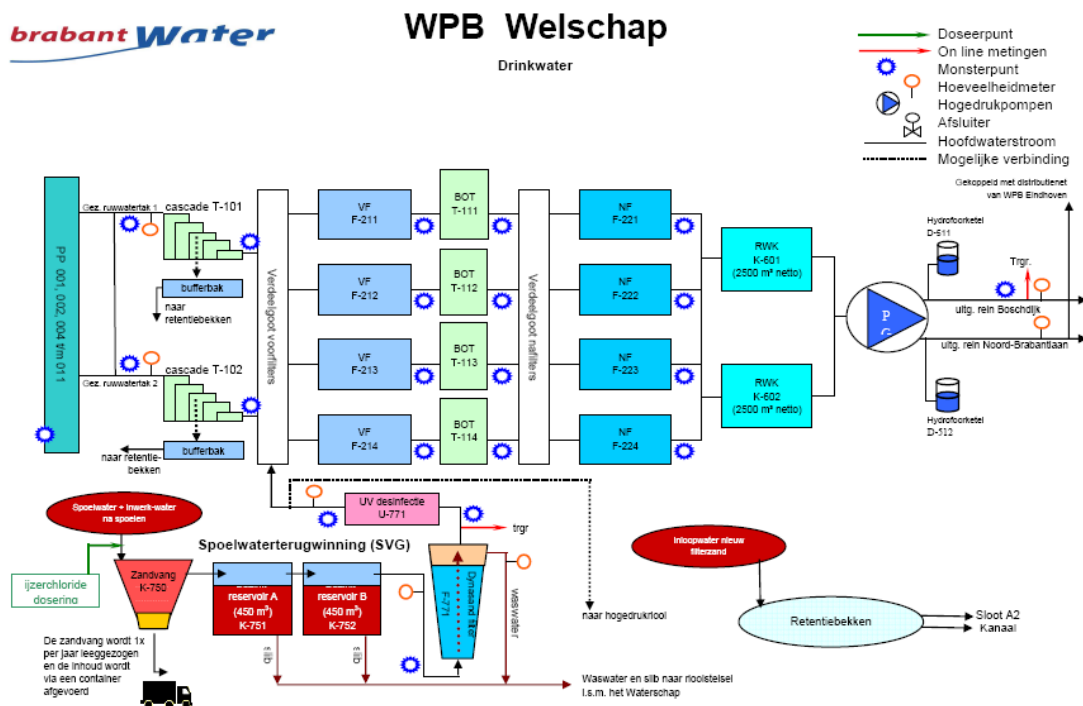
de snelweg is daarom 22 meter dichtbij het hoofdgebouw gekomen, op 56 meter afstand. Omdat de randweg van Eindhoven een druk bereden snelweg is, vinden er aanzienlijke verkeersemisies plaats. Verder ligt wpb Welschap op slechts enkele kilometers afstand van de Q-koortsgebieden in 2009. Hiervan worden ook de risico's bepaald voor de drinkwaterkwaliteit. Omdat op wpb Welschap buitenlucht intensief gebruikt wordt als proceslucht in de zuivering voor de cascades, beluchtungs- en ontgassingstorens (BOTs) en als spoellucht is onderzoek naar de kwaliteit van de lucht in de directe omgeving en de risico's voor de zuivering relevant.

4.3 Zuiveringsproces

Op wpb Welschap wordt drinkwater geproduceerd uit diep grondwater met een productiecapaciteit van 250 tot 700 m³ per uur. Het zuiveringsproces (Figuur 3) bestaat uit:

- 2 cascadebeluchters
- 4 voorfilters zand (korrelgrootte 1,2-1,7 mm)
- 4 beluchtungs- en ontgassingstorens (BOT)
- 4 nafilts zand (korrelgrootte 0,8-1,2 mm)
- 2 reinwaterkelder (RWKs)

Het spoelwater van de voor- en nafilts wordt behandeld in de spoelwaterzuivering en teruggewonnen.



Figuur 3. Het zuiveringsproces van wpb Welschap.

4.4 Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen

Lucht wordt ingenomen en gebruikt voor de cascadebeluchting, de BOTs, beademing van de RWKs en de spoellucht blowers van de zandfilters (Tabel 4). Er is geen centrale luchtvoorziening. Luchtfilters worden gebruikt op de plekken waar de lucht gebruikt wordt. Het gaat hier om fijnstoffilters F7 en absoluutfilters H13. Volgens de leverancier worden hiermee zeer fijne stofdeeltjes (ook radioactieve "fall

out”) en bacteriën verwijderd (zie hoofdstuk 3 over luchtfilters). Er wordt op wpb Welschap niet gemonitord of de gewenste componenten ook daadwerkelijk verwijderd worden. Voor wpb Welschap is er door Brabant Water bewust gekozen om tegen het bedrijfsbeleid in absoluutfilters te gebruiken in verband met het risico op luchtverontreiniging vanaf de snelweg.

Zowel de fijnstoffilters als de absoluutfilters worden vervangen als de weerstand over de filters drie keer de originele waarde heeft bereikt. Voor de fijnstoffilters is dit na circa twee jaar en de absoluutfilters worden om de drie tot vijf jaar vervangen, soms zelfs preventief. Er is echter wel een weerstandsopbouw door vervuiling over het absoluutfilter.

Er is een geforceerde luchttoevoer via de luchtfilters naar beide cascadebeluchters van in totaal 600 m³/uur. Het totale waterdebiet over de twee cascades is in de praktijk 250 tot 700 m³/uur, wat resulteert in een lucht/water verhouding van 0,86 tot 2,4. Het contact tussen water en lucht is intensief, maar de lucht wordt niet actief in het water gebracht.

Daarnaast is er een luchtstroom van 2300 m³/uur die, na luchtfiltratie, over de vier voorfilters en de vier nafilters wordt geleid. Het contact tussen deze lucht en het water in de filters is passief. De luchtstroom van de cascade- en de filtratieruimtes, in totaal circa 2900 m³/uur, wordt centraal via een afzuigventilator op het dak afgevoerd.

De spoelluchtblowers gebruiken elk 1100 m³ lucht/uur, maar alleen tijdens het spoelprogramma. Tijdens het lucht-waterspoelen van de voorfilters (elke 55 uur of na 7200 m³ behandeld water) wordt 5 minuten lang 1100 m³/uur lucht gebruikt. De nafilters worden met hetzelfde luchtdebiet na elke 500 uur of na 57.000 m³ behandeld water gespoeld. De hoeveelheid water die tijdens het lucht-water spoelen wordt gebruikt is 350 m³/uur, waarmee de lucht-waterverhouding 3,1 is tijdens het lucht-water spoelen. Deze spoellucht is voor de risicoanalyse minder relevant, omdat het spoelwater wordt afgevoerd en niet als drinkwater wordt gebruikt, maar het wordt hier volledigheidshalve genoemd.

Elk van de vier BOTs heeft een maximale capaciteit van 250 m³ water/uur. In de praktijk komt dit neer op een debiet van 115 tot 175 m³/uur per BOT. Elke van de vier BOTs gebruikt 2000 m³/uur lucht. Hiermee is de lucht-waterverhouding 11,4 tot 17. Het contact tussen lucht en water is intensief en aangezien in de BOT de hoogste RQ-waarde wordt bereikt, kan deze beluchting worden beschouwd als de risicobepalende stap in de zuivering wat betreft luchtgebruik.

Er zijn twee reinwaterkelders met elk een netto volume van 2500 m³. Als beademingslucht komt er daarom maximaal 5000 m³ lucht de reinwaterkelder binnen per dag als de RWKs één maal volledig geleegd worden. De uitwisseling tussen de lucht en het water is passief (grensvlakuitwisseling). In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de water- en luchtdebieten van wpb Welschap.

Tabel 4. Totale water- en luchtdebieten van verschillende zuiveringsprocessen op wpb Welschap.

Proces	Debieten luchtstromen (m ³ /uur)	Waterdebieten (m ³ /uur)	Verhouding lucht/water, RQ	Luchtgebruik continu of met intervallen?	Contact met lucht
Cascadebeluchting	600	250-700	0,86 - 2,4	Continu	Intensief
Voor- en nafilters	2300	250-700	3,3 - 9,2	Continu	Passief
BOTs	2000	115-175	11,4-17	Continu	Intensief
Beademing RWKs	5000 m ³ /dag	5000 m ³ /dag	~ 1	Continu	Passief
Spoellucht blowers zandfilters	1100	350	3	Gedurende filterspoeling	Intensief

4.5 Omgeving en luchtverontreiniging

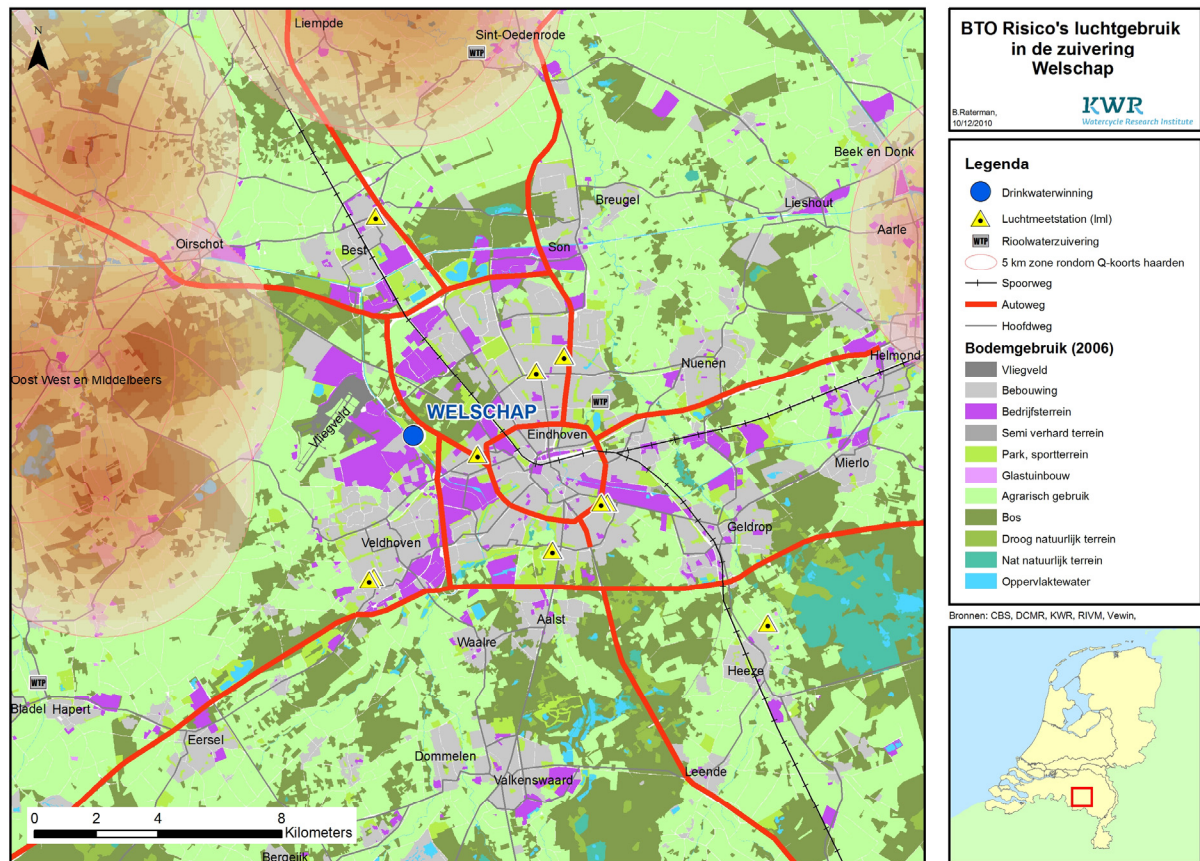
Snelweg A2

Het waterproductiebedrijf Welschap is gelegen langs de snelweg A2 in Eindhoven (Figuur 4) op een afstand van circa 60 meter van de rand van de snelweg. Omdat de randweg van Eindhoven een druk bereiden snelweg is, vinden er aanzienlijke verkeersemisies plaats, zoals NO₂, SO₂, CO, fijnstof en

vluchtige organische stoffen. Tijdens de ochtend- en avondspits zullen deze concentraties het hoogste zijn. In 2010 was het aantal motorvoertuigen per etmaal (mve) gemiddeld 163.761 op werkdagen. Oktober was de drukste maand met 2,4% meer verkeer (circa 168.000 mve/etmaal). In 2011 verwachtte Rijkswaterstaat een toename tot 187.500 motorvoertuigen per etmaal in 2020. Als hier ook oktober een verhoging laat zien van 2,4% wordt dit 192.000 mve/etmaal op een doordeweekse dag.

Q-koorts

Wpb Welschap ligt in een gebied waar Q-koorts voorkwam in 2009 (Figuur 4). De dichtstbijzijnde Q-koortshaard was een geitenboerderij op circa 10 km afstand (gegevens 2009). Het is echter niet uitgesloten dat er in de toekomst ook dichterbij een Q-koortshaard ontstaat.



Figuur 4. Omgeving van wpb Welschap met onder andere snelwegen en Q-koortsgebieden.

4.6 Rekenmethodes en gebruikte informatiebronnen

In deze risicoanalyse wordt de luchtkwaliteit bij waterproductiebedrijf Welschap geschat. Hierbij wordt uitgegaan van een worst case situatie wat betreft de luchtkwaliteit. Vervolgens wordt met behulp van de water- en luchtdebieten de maximale concentratie van een verontreiniging in het water bepaald. Zie voor een verdere toelichting Hoofdstuk 2.

Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit

Een belangrijke informatiebron voor luchtverontreiniging is het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM. In het LML wordt de luchtkwaliteit op leefniveau bepaald op circa zestig locaties in Nederland. Voor wpb Welschap zijn de hoogst gemeten waarden gebruikt van luchtverontreinigende componenten in de periode van 2003 tot en met 2007 van de meetstations Genovevalaan en

Noordbrabantlaan. Deze zijn gelegen op respectievelijk circa zes en twee kilometer van het waterproductiebedrijf en zijn beide verkeersbelaste stations (Figuur 4). Indien bepaalde componenten niet gemeten worden op deze twee meetstations is als worst case situatie voor de luchtkwaliteit de hoogste concentratie in Nederland gebruikt, gemeten op een ander meetstation van het LML. Voor meer informatie over het LML, zie Bijlage.

CAR verkeersmodel

Met het CAR-model (Car II online, versie 9.0, <http://car.infomil.nl> en Infomil, 2010) zijn jaargemiddelde concentraties berekend van NO₂, PM10, SO₂, CO, benzeen en benzo(a)pyreen voor 2010 en voor 2020 bij wpb Welschap. De aanzuigdooppen van de BOT's zijn 100 meter verwijderd van de weg, maar om de luchtkwaliteit op nog kortere afstand te bepalen is ook 50 meter gesimuleerd. Er is 20% stagnerend verkeer verondersteld, maar als worst case situatie is ook 100% stagnerend verkeer gesimuleerd (Tabel 5). Zie voor een korte beschrijving van het CAR-model Bijlage. Er zijn vier scenario's berekend (Tabel 6). In scenario 1 is een afstand tot de weg van 100 meter gebruikt en de verkeersintensiteit op een gemiddelde doordeweekse dag in oktober 2010 (168.000 motorvoertuigen/etmaal) lang wpb Welschap. Dit was de drukste maand in 2010. In scenario 2 is als worst case situatie voor 2010 bij wpb Welschap een afstand tot de weg gebruikt van 50 meter en 100% stagnerend verkeer. Scenario 3 is het worst case scenario voor 2020 bij wpb Welschap met een hogere verkeersintensiteit. Scenario 4 kan worden beschouwd als het worst case scenario voor heel Nederland voor 2010. Hiervoor is de verkeersintensiteit van de A16 langs pb Kralingen gebruikt in 2010, één van de drukke bereiden trajecten van Nederland.

Tabel 5. Invoerparameters voor het CAR-model.

x-coördinaat rijkdriehoekskoördinaten*	157262
y-coördinaat rijkdriehoekskoördinaten*	384856
Afstand tot weg (m)	100 en 50 (worst case)
Fractie stagnerend verkeer	0,2 en 1,0 (worst case)
Fracties verkeer:	
Licht	0,6
Middel	0,1
Zwaar	0,2
Autobus	0,1
Parkeerbewegingen**	0
Wegtype	Weg door open terrein
Bomenfactor	1 (weinig bomen)
Meteorologische conditie	Ongunstige meteorologie

* Via <http://nederland.risicokaart.nl/risicokaart.html>

** Na parkeren verdampt benzeen, maar parkeerbewegingen zijn niet te verwachten op de snelweg.

Tabel 6. Overzicht van de vier scenario's.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Jaar	2010	2010	2020	2010
Verkeersaantallen (mvt/etmaal)	168000	168000	192000	235000
Afstand tot weg (m)	100	50	50	50
Fractie stagnerend verkeer	0,2	1,0	1,0	1,0

Worst case berekening voor luchtverontreinigende componenten in het water

Voor de bepaling van de worst case concentratie van luchtverontreinigende componenten in het water wordt aangenomen dat de verontreinigende componenten in de lucht volledig in het water terecht komen. Voor de meeste luchtgebruikende processen is de lucht-waterverhouding groter dan 1. Hierdoor vindt er een concentratie plaats van de lucht- naar de waterfase. Voor de bepaling van de worst case concentratie in water van wpb Welschap is de maximale lucht-waterverhouding in de BOT ($RQ_{max} = 17$) gebruikt.

4.7 Resultaten en discussie wpb Welschap

4.7.1 Luchtkwaliteit op wpb Welschap als gevolg van snelweg A2

De achtergrondconcentraties en verwachte jaargemiddelde concentraties NO₂, PM10, benzeen, SO₂, CO en benzo(a)pyreen als gevolg van het wegverkeer over de A2 langs wpb Welschap zijn weergegeven in Tabel 7.

De gesimuleerde concentraties uit 2010 (scenario 1) komen redelijk overeen met werkelijk gemeten jaargemiddelde concentraties bij (verkeers)meetstations in de buurt van wpb Welschap in 2007 (laatste kolom Tabel 7).

Het worst case scenario voor 2010 voor wpb Welschap (scenario 2) laat zien dat concentraties flink verhoogd kunnen worden als gevolg van het wegverkeer, tot een factor 3 (NO₂) en een factor 4 (benzeen). De jaargemiddelde normen voor de luchtkwaliteit (Bijlage:) voor NO₂ (40 µg/m³) en fijnstof (40 µg/m³) kunnen hierdoor overschreden worden.

Rijkswaterstaat verwacht in 2020 een vermindering in schadelijke emissies vanaf de A2 bij wpb Welschap ten opzichte van 2010. De verkeersintensiteit neemt weliswaar in die periode circa 14% toe, maar doordat de schadelijke uitstoot per voertuigkilometer vermindert door betere technologie verbetert de luchtkwaliteit rond de snelweg de komende tien jaar. Dit blijkt ook de berekeningen met het CAR-model in Tabel 7 (scenario 3 ten opzichte van scenario 2). Het CAR-model bevat ook schattingen van de emissie per voertuig in 2020.

Scenario 4 kan worden beschouwd als het worst case scenario voor heel Nederland voor 2010. Hiervoor is de verkeersintensiteit van de A16 langs pb Kralingen gebruikt in 2010, één van de drukst bereden trajecten van Nederland, op een gemiddelde doordeweekse dag, maar is wel een afstand van 50 meter tot de weg aangehouden. De afstand van pb Kralingen tot de A16 is circa 200 meter. Ten opzichte van scenario 2 (met als enige verschil een lagere verkeersintensiteit) zijn de concentraties nog wat verder gestegen.

Tabel 7. Jaargemiddelde concentraties (µg/m³) van enkele stoffen bij wpb Welschap als gevolg van emissies vanaf de A2 (bepaald met CAR II online, versie 9.0).

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Gemeten gemiddeld (Beijk, e.a., 2008)
Jaar	2010	2010	2020	2010	2007
Verkeersaantallen (mvt/etmaal)	168000	168000	192000	235000	Nvt
Afstand tot weg (m)	100	50	50	50	Nvt
Fractie stagnerend verkeer	0,2	1,0	1,0	1,0	
Component					
NO ₂	64,1	94,8	53,9	110	45 ¹ 38 ²
NO ₂ achtergrond	30,7	30,7	21,0	30,7	
PM10	33,4	41,9	32,5	46,7	31 ¹ 30 ²
PM 10 achtergrond	26,9	26,9	23,9	26,9	
Benzeen	1,0	3,0	2,7	3,9	
Benzeen achtergrond	0,7	0,7	0,7	0,7	
SO ₂	3,7	4,0	3,1	4,2	3
SO ₂ achtergrond	3,5	3,5	2,6	3,5	
CO 98-percentiel 8 uursgemiddeld	919	1560	1468	1882	1000 ¹ 1300 ²
CO 98-percentiel 8 uursgemiddeld - achtergrond	751	751	751	751	
Benzo(a)pyreen (ng/m ³)	0,4	0,6	0,4	0,7	
Benzo(a)pyreen (ng/m ³) achtergrond	0,3	0,3	0,3	0,3	

1) luchtmeetstation Noordbrabantlaan 2) luchtmeetstation Genovevalaan

4.7.2 Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten

Om de risico's van het gebruik van lucht in de zuivering vast te stellen is het ook nodig om naar de extreme concentraties te kijken. Het CAR-model geeft alleen jaargemiddelde concentraties. Voor wpb Welschap zijn de hoogst gemeten concentraties gebruikt van luchtverontreinigende componenten in de periode van 2003 tot en met 2007 van de meetstations Genovevalaan en Noordbrabantlaan. Indien bepaalde componenten niet gemeten worden op deze twee meetstations is als worst case de hoogste concentratie in Nederland gebruikt, gemeten op een ander meetstation van het LML (Tabel 8).

Tabel 8 . Maximaal gemeten concentraties luchtverontreiniging in de buurt van wpb Welschap in de periode 2003 tot en met 2007 (bron: RIVM) en berekende maximale concentraties in het water na de BOT.

Stof	Maximale concentratie lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meetstation	Toelichting	Jaar	Berekende maximale concentratie in water ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Fijn stof (PM10)	110	Noordbrabantlaan	24-uurs gemiddelde	2006	1,87
CO	8300	Genovevalaan	Uurgemiddelde	2003	141
Ozon	211	Genovevalaan	Uurgemiddelde	2003	3,59
ammoniak	267	Zegveld - Oude Meije	Maandgemiddelde	2006	4,54
NO ₂	168	Noordbrabantlaan	Uurgemiddelde	2003	2,86
NO _x *	1177	Noordbrabantlaan	Uurgemiddelde	2007	20,0
SO ₂	53	Noordbrabantlaan	Uurgemiddelde	2003	0,90
Arseen (ng/m ³)	9,4 ng/m ³	Vlaardingen, Floreslaan	24-uurs gemiddelde	2003	0,16 ng/l
Cadmium	182 ng/m ³	Vlaardingen	24-uurs gemiddelde	2007	3,09 ng/l
Nikkel	30 ng/m ³	Vlaardingen	24-uurs gemiddelde	2007	0,51 ng/l
Lood	533 ng/m ³	Rotterdam	24-uurs gemiddelde	2003	9,06 ng/l
Zink	259 ng/m ³	Vlaardingen	24-uurs gemiddelde	2003	4,40 ng/l
Benzeen	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hoogvliet	Uurgemiddelde	2003	2,55 $\mu\text{g}/\text{l}$
VOS totaal**	357 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Maassluis	24-uurs gemiddelde	2007	6,07 $\mu\text{g}/\text{l}$

* het totale aantal deeltjes stikstofmonoxide en stikstofdioxide

** som van alkanen, aromaten, gechlloreerde alkanen en gechlloreerde aromaten.

De maximaal gemeten concentraties in de lucht uit Tabel 8 kunnen worden vergeleken met de EU-grenswaardes voor de luchtkwaliteit (Bijlage:). De maximale uurgemiddelde concentraties SO₂, NO₂, CO en ozon in de buurt van wpb Welschap overschrijden niet de overeenkomstige EU-normen. De maximale fijnstof concentratie, 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij de Noordbrabantlaan in 2006, overschrijdt wel de grenswaarde (dagnorm) van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, maar overschrijding is gedurende 35 dagen per jaar toegestaan. In 2006 was de gemiddelde fijnstof concentratie op die plek echter 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wat voldoet aan de jaargemiddelde norm van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Zwarte rook is het fijnste deel van het fijnstof. Emissie van deze deeltjes, vooral roet, vindt voornamelijk plaats door wegverkeer (vrachtverkeer), scheepvaart en industrie, als gevolg van onvolledig verloopende verbrandingsprocessen. Aan de roetdeeltjes, grotendeels bestaande uit elementair koolstof, kunnen andere stoffen, waaronder polycyclische aromatische koolwaterstoffen, zijn geadsorbeerd. Zwarte rook wordt niet gemeten bij de luchtmeetstations in Eindhoven, maar de hoogste concentraties zwarte rook in 2007 in het Rijnmondgebied (24 uur gemiddelden) werden gemeten op verkeersbelaste luchtmeetstations in Vlaardingen (83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Rotterdam (88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Benzeen wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van Eindhoven. De hoogste uurgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland (door DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2007 is 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij Hoogvliet in 2003. De gemiddelde concentratie benzeen in 2003 op die locatie was 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit voldoet aan de norm van 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Arseen wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van Eindhoven. De hoogste 24-uursgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland in de periode van 2003 tot en met 2007 is 9,4 ng/m³ op de Floreslaan in Vlaardingen in 2003. De gemiddelde concentratie arseen in 2003 op die locatie was 1,2 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 6 ng/m³ als jaargemiddelde.

Cadmium wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van Eindhoven. De hoogste 24-uursgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland (door DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2007 is 182 ng/m³ in Vlaardingen in 2007. Het 98-percentiel op die locatie in dat jaar was 1,9 ng/m³ en het gemiddelde 2,6 ng/m³. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er vermoedelijk op één dag in dat jaar een relatief hoge emissie was van cadmium. Deze hoge concentratie heeft als gevolg dat het gemiddelde hoger is dan het 98-percentiel. De gemiddelde concentratie cadmium in 2007 op die locatie voldoet aan de EU norm van 5 ng/m³ als jaargemiddelde.

Nikkel wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van Eindhoven. De hoogste 24-uursgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland (door DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2007 is 30 ng/m³ in Vlaardingen in 2007. De gemiddelde concentratie nikkel in 2007 op die locatie was 11,2 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 20 ng/m³ als jaargemiddelde.

Lood wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van Eindhoven. De hoogste 24-uursgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland (door DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2007 is 533 ng/m³ in Rotterdam in 2003. De gemiddelde concentratie lood in 2003 op die locatie was 19,3 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 500 ng/m³ als jaargemiddelde.

4.7.3 Worst case concentraties in water

Op basis van de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten (Tabel 8), de maximale lucht-waterverhouding in de BOT (RQ = 17) en de aanname dat alle luchtverontreiniging in het water terecht komt, is een worst case concentratie uitgerekend voor de luchtverontreinigende componenten (laatste kolom Tabel 8). De concentraties in Tabel 8 zijn hoger dan die berekend met het CAR-model (Tabel 7). Vandaar dat voor de worst case berekening verder wordt gerekend met de concentraties uit Tabel 8.

De worst case berekening laat zien dat er niet meer dan 2 µg/l aan fijnstof (deeltjes < 10 µm) in het water terecht komt als er geen luchtfilters zouden zijn. De proceslucht wordt gefiltreerd door achtereenvolgens een fijnstoffilter (F7) en een absoluutfilter (H13). Het fijnstoffilter vangt al het grootste deel van het fijnstof af, circa 80% (zie Hoofdstuk 3). Het absoluutfilter zal het resterende fijnstof vrijwel volledig (> 99,95%) uit de lucht verwijderen. Door deze dubbele luchtfiltratiestap zal bij een goede werking van de filters de hoeveelheid fijnstof in het drinkwater als gevolg van het gebruik van lucht verwaarloosbaar klein zijn.

Zwarte rook (roetdeeltjes) dat in maximale concentraties van circa 80 tot 90 µg/m³ aanwezig is in de lucht bij wpb Welschap (zie vorige paragraaf), zal in de BOTs geen hogere concentratie hebben dan 1,5 µg/l op basis van volledige stofoverdracht en geen luchtfiltratie. De luchtfilters bij de BOTs zullen deze roetdeeltjes volledig verwijderen.

Er zijn geen normen voor de hoeveelheid CO in drinkwater. De worst case analyse geeft een concentratie van 141 µg/l in het drinkwater bij een concentratie in de lucht van 8300 µg/m³.

De gemiddelde consumptie van koud drinkwater in Nederland is 0,6 liter per persoon per dag (Foekema e.a., 2008). Mons e.a. (2007) vonden een dagelijkse variatie in de consumptie variërend van 0,10 tot 1,55 liter. Voor de worst case berekening wordt een waterconsumptie van 2 liter gebruikt. Via consumptie van drinkwater zou dus maximaal 282 µg CO per dag worden ingenomen. Hierbij moet nog worden opgemerkt dat CO dat in de waterfase wordt gebracht uiteindelijk richting een evenwichtssituatie zal gaan met de luchtfase, bijvoorbeeld bij verblijf in de reinwaterkelders. Aangezien CO slecht oplost in water (zie Bijlage; Henrycoëfficiënten), zal het grootste deel weer in de luchtfase eindigen voordat het drinkwater het leidingnet ingaat.

De ademfrequentie van een gemiddeld gezond persoon in rust is circa 12 per minuut (Dennis e.a., 1984; Guyton en Hall, 2006). Het ingeademde volume is gemiddeld 500 ml gedurende een normale ademhaling (Guyton en Hall, 2006). Per dag ademt een gemiddeld gezond persoon daarom circa 9 m³ lucht in. Bij een maximale concentratie van 8300 µg/m³ die op de Genovevalaan gemeten is zou een gemiddeld persoon in het slechtste geval 75 mg CO per dag binnenkrijgen. De hoeveelheid die via het drinkwater wordt ingenomen is verwaarloosbaar ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

In een gemiddelde Eindhovense woonwijk is de CO-concentratie lager dan pal langs de snelweg A2, waardoor er minder CO wordt ingeademd dan hierboven berekend. De inname via het drinkwater blijft echter verwaarloosbaar ten opzichte van de ingeademde hoeveelheid CO.

Ook voor de ozonconcentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid ozon die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd. Ozon dat onbedoeld via de lucht in het water van de zuivering wordt gebracht, zal vermoedelijk reageren met DOC of anorganische componenten oxideren.

Ammoniak is niet in hoge concentraties aanwezig in de lucht in de buurt van wpb Welschap. Het wordt niet door het verkeer uitgestoten. De maximale maandgemiddelde concentratie van $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die op de Strabrechtse Heide gemeten is (circa 12 km van wpb Welschap), leidt tot een toename van de concentratie van maximaal $0,15 \mu\text{g}/\text{l}$ in het water na de BOT. Het gebiedsgemiddelde op de Strabrechtse Heide is iets verhoogd ten opzichte van het landelijk gemiddelde. De metingen wekken de indruk dat de aanvoer vooral van grotere afstand komt, met name uit het noordoosten (in de richting van het Peelgebied).

De hoogste maandgemiddelde concentratie in Nederland gemeten in de periode 2003 tot en met 2007 is $267 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Zegveld - Oude Meije). Deze concentratie zou bij wpb Welschap leiden tot een toename van $4,5 \mu\text{g}/\text{l}$ in het water na de BOT.

In het ruwe water is de ammoniumconcentratie $0,4 \text{ mg}/\text{l}$. De hoeveelheid extra ammonium die via de lucht in het water komt is dus verwaarloosbaar. Ammonium wordt in het nafilter verwijderd. De bedrijfsnorm van Brabant Water van $50 \mu\text{g}/\text{l}$ in het reine water is in ieder geval sinds 2005 niet overschreden.

De maximale hoeveelheid NO_x als deeltjes in de lucht in de buurt van wpb Welschap is $1177 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Omdat het deeltjes zijn, worden deze vermoedelijk volledig door de dubbele luchtfiltratiestap verwijderd, alhoewel er in het jaaroverzicht van de luchtkwaliteit van het RIVM (Beijk e.a., 2008) niet wordt vermeld hoe groot deze deeltjes zijn.

Ook voor de NO_x -concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid NO_x die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

NO_x zou in het water kunnen oxideren tot nitraat. Indien wordt uitgegaan van een maximum van $20 \mu\text{g}$ NO_2 per liter (Tabel 8) dan wordt de maximale hoeveelheid nitraat in het water $27 \mu\text{g}$ nitraat per liter (de massaverhouding is 62/46). De nitraatconcentratie in het ruwe water varieert tussen 0 en $0,5 \text{ mg}/\text{l}$.

De gemiddelde nitraatconcentratie in het reine water varieert tussen $1,2$ en $1,6 \text{ mg}/\text{l}$. Dit is redelijk laag in vergelijking tot andere waterproductiebedrijven van Brabant Water (Cardol, 2005). NO_x uit de lucht heeft dus een verwaarloosbare invloed op de nitraatconcentratie in het reine water. De drinkwaternorm voor nitraat uit het WLB is $50 \text{ mg}/\text{l}$. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid NO_2 in de lucht nu en in de toekomst voor de drinkwaterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

Ook voor de SO_2 -concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid SO_2 die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

SO_2 zou in het water kunnen oxideren tot sulfaat. Indien al het SO_2 ($0,90 \mu\text{g}/\text{l}$) wordt geoxideerd tot sulfaat wordt er $1,4 \mu\text{g}/\text{l}$ sulfaat geproduceerd (de massaverhouding is 96/64). Zowel in het ruwe als het reine water fluctueert de sulfaatconcentratie tussen 0 en $5 \text{ mg}/\text{l}$. De bijdrage vanuit de lucht is dus verwaarloosbaar ten opzichte de hoogste concentraties die al in het water aanwezig zijn. De drinkwaternorm voor nitraat uit het WLB is $150 \text{ mg}/\text{l}$. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid SO_2 in de lucht voor de waterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

De maximale concentraties van de zware metalen arseen, cadmium, nikkel en lood in het drinkwater als gevolg van luchtgebruik in de zuivering van wpb Welschap (Tabel 8) voldoen ruimschoots aan het Drinkwaterbesluit van 2011 (Tabel 1), ook als geen luchtfiltratie wordt toegepast.

De zware metalen in de lucht zijn deeltjesgebonden en zullen goed verwijderd worden met de luchtfilters die op wpb Welschap geïnstalleerd zijn. Dit betekent dat de hoeveelheid zware metalen in de lucht voor de waterkwaliteit geen probleem oplevert.

De berekende worst case benzeenconcentratie is vastgesteld op 2,55 µg/l (Tabel 8). Dit is hoger dan de kwaliteitseis in het Drinkwaterbesluit van 1 µg/l (Tabel 1). Deze worst case benzeenconcentratie is echter gebaseerd op een eenmalige hoge uurwaarde in de lucht in Hoogvliet in 2003 (150 µg/m³), de hoogst gemeten waarde in Nederland in de periode 2003 tot en met 2007 (zie Figuur 10 in het hoofdstuk over pb Kralingen). In datzelfde jaar werd in Maassluis-west door DCMR een maximale uurgemiddelde concentratie van 133 µg/m³ gemeten in de lucht. Deze hoge concentraties zijn waarschijnlijk een gevolg van calamiteiten, maar dat is verder uit de cijfers uit het LML niet op te maken. In de rest van Nederland werd in 2003 nooit een benzeenconcentratie hoger dan 42 µg/m³ gemeten in de lucht. Het is niet waarschijnlijk dat er in de buurt van wpb Welschap in de lucht een benzeenconcentratie hoger dan 59 µg/m³ zal heersen, waardoor bij een maximale lucht-waterverhouding van 17 in de BOT en een volledige overdracht van benzeen van lucht naar water de waterkwaliteitseis van 1 µg/l overschreden zou worden.

In de praktijk zal de overdracht van benzeen van lucht naar water nooit 100% zijn en zal benzeen tijdens het zuiveringsproces ook weer deels uit het water vervluchtigen. De dimensieloze Henryconstante voor benzeen bij 10°C is 0,12 en bij 25°C 0,22 (www.epa.gov/athens/learn2model/part-two/onsite/esthenry.html). Dit betekent dat in een gesloten ruimte met evenveel lucht (zonder benzeen) als water (bijvoorbeeld de worst case concentratie van 2,55 µg/l benzeen) in een evenwichtssituatie bij 10°C nog circa 2,3 µg/l in de waterfase aanwezig zijn en bij 25°C 2,1 µg/l. De Henryconstante voor benzeen is hier te gebruiken, want de maximale oplosbaarheid in water (1,79 g/l) wordt niet bereikt.

Bij een continue luchtventilatie met lucht zonder benzeen zal deze concentratie verder dalen. Hoe snel dit gebeurt, hangt onder andere af van de ventilatiesnelheid, de temperatuur van de lucht en het water, turbulentie in het water en het contactoppervlak tussen lucht en water.

Op de CAR-website van Infomil (<http://car.infomil.nl>) wordt gesteld dat de concentratie van benzeen in Nederland dusdanig laag is, dat overschrijding van de grenswaarde bij verkeerssituaties vrijwel uit te sluiten is. Uit Tabel 7 blijkt al dat de gemiddelde benzeenconcentratie bij wpb Welschap niet hoger zal zijn dan 3 µg/m³ in de lucht. Bij een volledige overdracht van lucht naar water bij RQ = 17 leidt dit tot een concentratie van 0,05 µg/l in het water.

Eenmaal per jaar onderzoekt Brabant Water het gehalte vluchtige organische stoffen (VOS) in uitgaand rein water. Het gaat om de stoffen 1,2 dimethylbenzeen, 1,3- en 1,4-dimethylbenzeen, benzeen, hexachloorbutadieen, en methylbenzeen (tolueen). Uit de analyseresultaten is nooit een verhoging van VOS geconstateerd. De concentraties waren lager dan de rapportagegrens van 0,05 µg/l.

Om na te gaan of gebruik van proceslucht kan resulteren in verhoogde concentraties VOS in het water zijn in december 2004 metingen gedaan in het water na de BOT, omdat hierin veel lucht wordt gebruikt. Hieruit bleek dat de BOT een verhoging veroorzaakt van 0,01 µg/l tot maximaal 0,03 µg/l voor de benzeenachtige parameters ten opzichte van het ingaande water. Op het moment van de metingen stond er een zwakke westenwind en was de verkeersintensiteit normaal (Cardol, 2005).

Ondanks dat niet onder de meest ongunstigste omgevingsomstandigheden is gemeten (wpb Welschap ligt aan de westkant van de snelweg) kan worden geconcludeerd dat de VOS in de buitenlucht ter plaatse van Wpb Welschap een zeer geringe negatieve invloed heeft op de kwaliteit van het drinkwater.

4.7.4 Q-koorts

Sales Ortells en Medema (2011a,b) onderzochten het risico van de verspreiding van Q-koortsbacteriën via grondwaterbeluchting voor de drinkwaterkwaliteit en de volksgezondheid. Zij gebruikten een concentratie van de Q-koorts bacteriën bij de besmette boerderijen van 880 *Coxiella* /m³ als worst case in het werpseizoen op basis van een studie van Schulz e.a. (2005). Met Lighthart's model (zie Bijlage) werd de Q-koorts concentratie geschat als functie van de afstand tot de Q-koortshaard (Tabel 9). In 2009 lag de

dichtstbijzijnde Q-koortshaard voor wpb Welschap op circa 10 kilometer afstand. Sales Ortells en Medema (2011a,b) gebruikten $RQ = 20$ in hun berekeningen.

Tabel 9. Geschatte *Coxiella*-concentratie in de lucht en in het (drink)water ($RQ=20$) bij verschillende afstanden tussen de Q-koortshaard en de zuivering. De volgende invoer is gebruikt: windsnelheid 4,17 m/s, emissiesnelheid Q-koortsbacteriën $4,13 \times 10^4$ *Coxiella*/s, bronhoogte 10 m, atmosferische klasse C (Sales Ortells en Medema (2011a,b)).

Afstand (m)	Q-koorts concentratie (<i>Coxiella</i> /m ³ lucht)	Q-koorts concentratie (<i>Coxiella</i> /m ³ water)	Q-koorts concentratie na snelle zandfiltratie (<i>Coxiella</i> /m ³ water)	Dosis bij douchen (<i>Coxiella</i> /dag)	Infectierisico pppj bij douchen
100	198	3969	1255	2,5	$4,7 \cdot 10^{-4}$
360	6,45	129	41	0,082	$2,3 \cdot 10^{-5}$
1000	1,48	30	9,5	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
5000	0,09	1,8	0,57	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-7}$
10000	0,02	0,4	0,13	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-8}$

Voor de berekening van de Q-koortconcentratie in het ruwe water wordt door Sales Ortells en Medema (2011a,b) uitgegaan van een lucht-water verhouding van 20 en volledige overdracht van de Q-koorts bacteriën naar de waterfase (geen luchtfiltratie).

De sporevorm van *Coxiella burnetti* is circa 0,2 tot 0,4 μm lang en de grote celvariant is maximaal circa 2 μm lang. Bij gebruik van een fijnstoffilter klasse F7 zullen losse Q-koorts bacteriën slechts gedeeltelijk worden verwijderd (circa 50% afhankelijk van de grootte, zie Figuur 1), maar als de Q-koortsbacteriën aan deeltjes gebonden zijn van enkele micrometers groot is de verwijdering vrijwel volledig. Bij gebruik van HEPA H13 absoluutfilters, zoals bij wpb Welschap, is de verwijdering minimaal 99,95% (Tabel 2). Zie voor een overzicht van de verwijderingsefficiënties van de luchtfilters Hoofdstuk 3.

Als gevolg van snelfiltratie wordt een verwijdering van de Q-koorts bacterie geschat van een 0,5 logeendheid, circa een factor 3. Er wordt aangenomen dat de concentratie na het snelfilter ook de concentratie in drinkwater aan de tap is, gezien de relatief korte verblijftijd in het leidingnet en omdat *Coxiella* geen watergroeier is. Als blootstellingsroute wordt inademen van aerosolen tijdens douchen genomen. De dosis waaraan een persoon dan blootstaat via ingestie is weergegeven in de vijfde kolom van Tabel 9.

Het gemiddelde jaarrisico in 2009 in Nederland op infectie met Q-koorts was $1,4 \times 10^{-4}$ (2357 gevallen in een populatie van 16,5 miljoen) voor alle transmissieroutes samen. Voor mensen die in een straal van 5 km wonen van een geïnfecteerde geitenboerderij was het risico op infectie in 2009 7×10^{-4} per jaar.

Sales Ortells en Medema (2011a,b) berekenden met dosis-effectrelaties dat het jaarlijkse risico van infectie met Q-koorts door drinkwaterconsumptie $3,5 \times 10^{-6}$ is bij een afstand van 1 km tussen de Q-koortshaard en de drinkwaterproductielocatie (zonder luchtfilters). Op een afstand van 360 meter, de kleinste afstand tussen een geïnfecteerde boerderij en een grondwaterbedrijf, is het jaarlijkse risico op infectie via drinkwater $2,3 \times 10^{-5}$. Op een afstand van circa 163 meter tussen geïnfecteerde boerderij en grondwaterbedrijf is het jaarlijkse risico als gevolg van directe inademing 10^{-4} . Dit is ook het infectierisico dat acceptabel wordt geacht voor darmpathogenen in drinkwater. Deze 10^{-4} is echter het risico op ziek worden en niet het risico van infectie, zoals hier bij Q-koorts het geval is.

Er kan geconcludeerd worden dat het risico op besmetting met Q-koorts via drinkwater bij wpb Welschap, op een afstand van circa 10 kilometer van de dichtstbijzijnde Q-koortshaard, verwaarloosbaar is.

4.8 Conclusies

- De huidige en toekomstige luchtkwaliteit (2020) bij wpb Welschap als gevolg van het wegverkeer over de A2, vastgesteld met het CAR-model, leidt niet tot overschrijdingen van de normen voor de drinkwaterkwaliteit bij gebruik van lucht in de zuivering (maximale $RQ = 17$).
- Ook de concentraties van verschillende gassen, fijnstof en zware metalen in de lucht, gemeten in het landelijk meetnet luchtkwaliteit, zijn niet dusdanig hoog dat gebruik van lucht in de zuivering van wpb Welschap (maximaal $RQ = 17$) tot overschrijdingen leidt van de normen voor de drinkwaterkwaliteit bij volledige overdracht van lucht naar water.

- Het risico van infectie met Q-koorts via drinkwater is verwaarloosbaar klein ten opzichte van het risico door directe inademing van de Q-koorts bacterie. Op een afstand van 360 meter, de kleinste afstand tussen een geïnfecteerde boerderij en een grondwaterbedrijf in Nederland, is het jaarlijkse risico op infectie via drinkwater $2,3 \times 10^{-5}$. De afstand van wpb Welschap tot de dichtstbijzijnde Q-koortshaard tijdens de uitbraak in 2009 was circa 10 kilometer wat een jaarlijks infectierisico oplevert van $5,3 \times 10^{-8}$ via het drinkwater. Voor alle transmissieroutes samen was het gemiddelde infectierisico in 2009 in Nederland $1,4 \times 10^{-4}$.
- Met het fijnstoffilter F7 worden fijnstof voor gemiddeld 80% tot 90% uit de lucht verwijderd en Q-koorts bacteriën voor circa 50%. Als Q-koortsbacteriën aan deeltjes gebonden zijn wordt dit percentage hoger. Met het absoluutfilter H13 is de verwijdering van fijnstof en Q-koorts minstens 99,95%. Gassen worden niet tegengehouden door fijnstoffilters of absoluutfilters.
- Ook zonder de gebruikte luchtfilterstappen wordt geen risico verwacht van Q-koorts en fijnstof voor de drinkwaterkwaliteit. Voor fijnstof is in Hoofdstuk 11 (Algemene Discussie) een inschatting gemaakt van concentraties in het drinkwater op basis van aannames van de samenstelling van fijnstof.

4.9 Aanbevelingen

Voor wpb Welschap is door Brabant Water tegen het bedrijfsbeleid in bewust gekozen voor absoluutfilters in verband met reguliere emissies vanaf de snelweg. Brabant Water geeft bovendien aan dat bij een brand op de A2 bij wpb Welschap het waarschijnlijk enige tijd zal duren voordat bij Brabant Water een melding binnen komt en de beluchting gestopt kan worden. Brabant Water vindt daarom het hebben van absoluutfilters voor die situatie niet overbodig. Momenteel wordt een F7 fijnstof luchtfilter gebruikt gevolgd door een absoluutfilter H13 op verschillende plekken waar lucht wordt ingenomen (cascade, BOT, RWK, spoelluchtblowers).

Een mogelijk alternatief voor de combinatie van luchtfilters zoals die nu gebruikt worden, is het gebruik van twee fijnstoffilters F9 in serie. Hiermee kan verregaande verwijdering van fijnstof uit de lucht bereikt worden. Dit bespaart kosten, want absoluutfilters kosten circa twee maal zo veel als fijnstoffilters.

De deeltjesgrootteverdeling van fijnstof in de lucht kan sterk wisselend zijn. Uit Figuur 20 in de Algemene Discussie (Hoofdstuk 11) blijkt dat meer dan 99,9% van de deeltjes in de atmosfeer kleiner dan is $1 \mu\text{m}$, 95% is kleiner dan $0,2 \mu\text{m}$, 80% is kleiner dan $0,1 \mu\text{m}$ en 40% kleiner dan $0,02 \mu\text{m}$. Met twee F9 fijnstoffilters in serie wordt minimaal 98% ($85\% \times 85\%$) van het fijnstof verwijderd (zie Figuur 1 in Hoofdstuk 3) bij een deeltjesgrootte van $0,2 \mu\text{m}$, maar bij een grotere of kleinere deeltjesdiameter wordt er meer verwijderd.

5 Risicoanalyse pb Berenplaat (Evides): zware industrie

5.1 Samenvatting

Pb Berenplaat (Evides) ligt in het Rijnmondgebied, een dichtbevolkt havengebied, met veel scheepvaart, wegverkeer en zware industrie. Deze activiteiten leiden in vergelijking tot de rest van Nederland tot hoge emissies van verontreinigingen naar de lucht. Risico van luchtverontreiniging wordt gelopen bij het bekken in de Biesbosch, waar water wordt ingenomen, bij het waterontvangstkanaal van pb Berenplaat en bij het lokale spaarbekken. Deze waterreservoirs staan continu in contact met de buitenlucht. Het spaarbekken bij pb Berenplaat zelf dient in principe als noodvoorraad. In het zuiveringsproces wordt lucht onder andere gebruikt als spoellucht voor de dubbellaagsfilters en de actieve koolfilters of als gebouwlicht. Beluchting in de zuivering van pb Berenplaat is minder intensief dan bij grondwaterbedrijven.

Metingen van gassen, fijnstof en zware metalen in de lucht in het Rijnmondgebied (landelijk meetnet en meetnet DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2008 en metingen van Evides zelf in het water geven aan dat verontreiniging van het Biesbosch-bekken of spaarbekken via de lucht en gebruik van lucht in de zuivering van pb Berenplaat niet leidt tot overschrijdingen van de normen voor de drinkwaterkwaliteit als wordt uitgegaan van volledige overdracht van lucht naar water van de verontreinigingen met de relevante lucht-waterverhoudingen.

Alleen benzeen of andere vluchtige organische stoffen zouden potentieel een risico kunnen zijn voor de kwaliteit van het water in de innamebekkens als de concentratie in de lucht hoger is dan circa $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze concentraties worden incidenteel (niet meer dan gedurende circa 0,1% van de tijd) gemeten in het landelijk meetnet luchtkwaliteit in het Rijnmondgebied en in het DCMR-luchtmeetnet. Deze concentratie kan (kortstondig) optreden bij calamiteiten, zoals branden in de buurt (zie Hoofdstuk 10 over risico's bij branden).

Aangezien de zware industrie op minimaal vijf kilometer afstand zit van pb Berenplaat zijn de verontreinigingen sterk verdund bij pb Berenplaat en zijn er geen normoverschrijdingen te verwachten in het drinkwater bij normale uitstoot van de industrie. De gebruikte emissiecijfers zijn jaartotalen. Gedurende kortere periodes kan de uitstoot hoger zijn, maar op een afstand van minimaal vijf kilometer van de emissie is het onwaarschijnlijk dat de concentraties hoger zullen zijn dan de maximaal gemeten concentraties in het Rijnmondgebied, die in het landelijk meetnet zijn gerapporteerd.

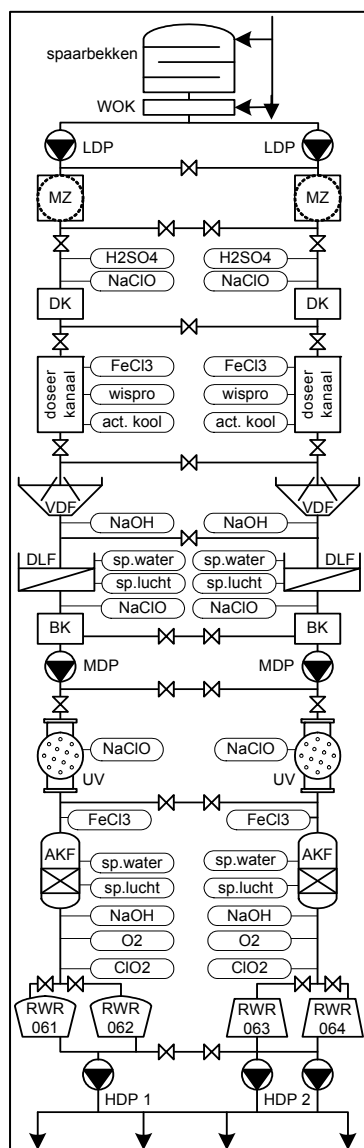
Met het zakkenfilter (fijnstoffilter F7) voor het doseergebouw en filtergebouw worden (grotere) bacteriën en fijnstof verwijderd voor 80 tot 90%. Met het fijnstoffilter F8/9 voor de reinwaterkelders worden bacteriën en fijnstof gemiddeld met minimaal 95% verwijderd (zie Hoofdstuk 3).

Er wordt aanbevolen de zakkenfilters (fijnstoffilter F7) voor het doseer- en filtergebouw en fijnstoffilter F8/9 voor de reinwaterkelder te behouden. Voor reguliere concentraties fijnstof in de lucht is dit niet nodig, maar als veiligheidsbarrière in geval van een calamiteit in de buurt is dit gewenst.

5.2 Inleiding

Het productiebedrijf (pb) Berenplaat (Evides NV) is gelegen in Spijkenisse aan de Berenplaat 10. De jaarproductie is circa 100 miljoen m^3 drinkwater en bestemd voor de regio Rotterdam vanaf de zuidzijde van Den Haag (exclusief Delft) tot en met het Haringvliet, Schiedam en Barendrecht. Pb Berenplaat ligt in het Rijnmondgebied, een dichtbevolkt havengebied, met veel scheepvaart, wegverkeer en zware industrie. Deze activiteiten leiden in vergelijking tot de rest van Nederland tot hoge emissies naar de lucht die mogelijk een risico op kunnen leveren voor de drinkwaterkwaliteit van pb Berenplaat. In het zuiveringsproces wordt lucht bijvoorbeeld gebruikt als spoellucht voor de dubbellaagsfilters en de actieve koolfilters of als gebouwlicht. Ook het water in het spaarbekken kan via de lucht verontreinigd worden. In dit hoofdstuk worden de risico's besproken van luchtverontreiniging voor de drinkwaterkwaliteit van pb Berenplaat.

5.3 Zuiveringsproces



Figuur 5 is een schematische weergave van het zuiveringsproces op pb Berenplaat. Ruwwater wordt vanaf de Biesbosch-bekken naar de Berenplaat gepompt. In een normale situatie komt het water via het WaterOntvangstKanaal (WOK) het inlaatwerk binnen. Bij gesloten bedrijfsvoering wordt de WOK gebypast ("Bin Laden route") en komt het water direct het inlaatwerk binnen.

Het water in het spaarbekken (6,8 miljoen m³, 1,37 km²) wordt normaliter niet gebruikt voor de productie en geldt als noodvoorraad. Het wordt één tot twee maal per jaar ververs. De jaarproductie van pb Berenplaat is circa 100 miljoen m³ per jaar. In het Doseergebouw pompen de LageDrukPompen het ruwwater naar de MicroZeven. Hierna volgt een cascdestap. Vervolgens kan de pH gecorrigeerd worden met zwavelzuur indien nodig. In het verleden vond in de DetentieKelders de hoofddesinfectie plaats. Dit gebeurt nu alleen nog in geval van parallelbedrijf met NaClO. In het Doseerkanaal worden ijzerchloride (vlokmiddel) en zonodig wispro (vlokkhulpmiddel) gedoseerd. In geval van parallel bedrijf kan poederkool gedoseerd worden. In het Filtergebouw worden de meeste vlokken verwijderd in de VlokkendeFilters gevolgd door een pH-correctie met NaOH. Het restant vlokken wordt verwijderd in de DubbellaagsFilters. Bij parallelbedrijf vindt hierna nadesinfectie met NaClO plaats. Vanuit de BufferKelders pompen de MiddenDruk-Pompen het water bij parallelbedrijf net als vroeger direct naar de RWR's. Nu pompen ze het water normaliter naar de UV-gebouwen. Daar vindt de hoofddesinfectie plaats met UltraViolet licht. De UV-strangen worden bij in- en uitschakelen gedesinfecteerd met NaClO. Het water gaat onder druk door de Aktiefilters. Hierna wordt de pH opnieuw gecorrigeerd met NaOH (fijnregeling). Zuurstof wordt in de zomer gedoseerd en er vindt nadesinfectie plaats met ClO₂. Het water stroomt nu, nog steeds onder voordruk van de MDP's, door naar de ReinWaterReservoirs. Vanuit de RWR's wordt het drinkwater door de HogeDrukPompen het transportnet ingepompt naar de afnemers. Een klein deel van het drinkwater wordt voor het spoelen van de DLF's en AKF's naar de SpoelWaterReservoirs verpompt.

Tijdens parallelbedrijf worden de VoorZuivering en de NaZuivering als aparte zuiveringen, parallel aan elkaar bedreven. De VZ krijgt daarbij zijn oude functie terug, inclusief een eigen hoofd- en nadesinfectie op basis van chloorbleekloog.

Figuur 5. Zuiveringsproces van pb Berenplaat.

5.4 Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen

Op de volgende plaatsen komt het water in contact met onbehandelde (1 en 2) en behandelde buitenlucht (3 t/m 10):

1. bekkens in de Biesbosch
2. spaarbekken/waterontvangstkanaal pb Berenplaat
3. doseergebouw: open oppervlak van de microzeven en een cascade
4. doseergebouw: ademlucht kanalen
5. filtergebouw: open oppervlak van de vlokkendekefilters
6. filtergebouw: open oppervlak van dubbellaagsfilters
7. middendrukbufferkelder
8. filtergebouw: spoellucht van de dubbellaagsfilters

9. actief koolgebouw: spoellucht van de actief koolfilters
10. reinwaterkelders: ademlucht

Bij de bekkens in de Biesbosch (totaal 60 ha, 3 bekkens) en bij het spaarbekken en waterontvangstkanaal (totaal 1,37 km²) van pb Berenplaat wordt geen lucht behandeld. Dit is ook niet realistisch omdat dit buiten is en een groot oppervlak heeft.

In het doseergebouw wordt lucht aangezogen en verwarmd. De lucht wordt door een zakkenfilter geleid (fijnstoffilter F7) met een onbekend debiet.

In het filtergebouw wordt lucht aangezogen en verwarmd. De lucht wordt door een zakkenfilter geleid (fijnstoffilter F7) met een debiet van 100.000 m³/uur. Tevens vindt interne droging plaats. De gebouwlucht onttrokken uit het filtergebouw wordt gebruikt als spoellucht voor de dubbellaagsfilters en de actief koolfilters.

Tijdens een spoeling van het dubbellaagsfilter wordt eerst gedurende drie minuten lucht gebruikt met een debiet van 5200 m³/uur per filter (in totaal 260 m³ lucht). Dit komt in contact met het watervolume van het filter, circa 5000 m³ water (80 m x 40 m x 1-2 m). Hierna is er gedurende 9,5 minuten een waterspoeling met een debiet van 2560 tot 4160 m³/uur (in totaal 405 m³ tot 659 m³ spoelwater). Als verontreinigingen uit de lucht tijdens de luchtspoeling in het water van het filter terecht zijn gekomen, worden ze vervolgens meegevoerd met het spoelwater of sorberen ze mogelijk aan het filtermateriaal (zand/antraciet). Het spoelwater komt terecht op een speciaal bezinkplaats van het spaarbekken. Elk dubbellaagsfilter spoelt circa één keer in de week. In totaal zijn er 24 dubbellaagsfilters.

De middendrukbufferkelders (BK in Figuur 5) zijn onder de dubbellaagsfilters gelegen. Het water in deze kelders (circa 10.500 m³) komt in contact met filtergebouwlucht. Als gevolg van variaties in het waterpeil in deze kelders ($\pm 25\%$) is dit circa 5000 m³ ademlucht per dag.

Tijdens het spoelen van de actieve koolfilters wordt eerst gedurende vijf minuten lucht gebruikt met een debiet van 1550 m³/uur per filter (in totaal 129 m³ lucht). Dit komt in contact met het watervolume van het filter, circa 150 m³. Hierna is er gedurende 30 minuten een waterspoeling van 395 tot 735 m³/uur (in totaal 198 tot 368 m³ spoelwater). Verontreinigingen die vanuit de lucht in het water terecht zijn gekomen, kunnen aan de kool adsorberen of tijdens de waterspoeling met het spoelwater meegevoerd worden. Elk actieve koolfilter spoelt één maal per week. In totaal zijn er 44 actieve koolfilters.

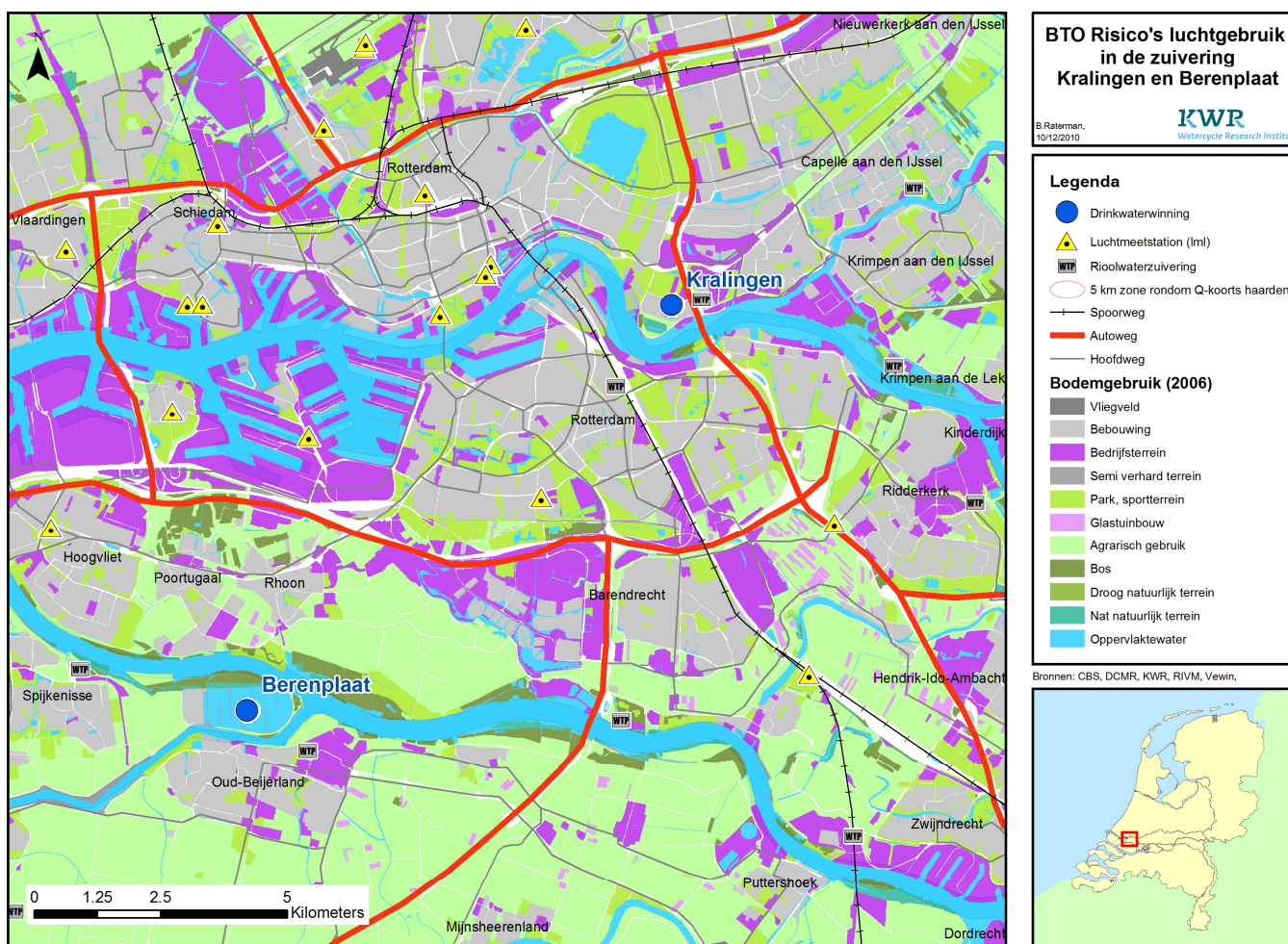
Het water uit de reinwaterkelder komt in contact met beademingslucht. Deze lucht wordt gefiltreerd met fijnstoffilters van de klasse F8/F9. Als gevolg van reguliere niveaubeweging in de kelders komt er dagelijks in totaal circa 40.000 m³ lucht de vier kelders in. Tabel 10 geeft een overzicht van de lucht- en waterdebieten op pb Berenplaat.

Tabel 10. Water- en luchtdebieten op pb Berenplaat.

Proces	Debieten luchtstromen (m ³ /uur)	Waterdebieten (m ³ /uur)	Verhouding lucht-water, RQ (gem.)	Luchtgebruik continu of met intervallen?	Contact met lucht
Biesbosch-bekken	onbekend	Naar pb Berenplaat: 11.400 (gem.) 20.000 (max.)	Onbekend	continu	Passief: grensvlak- uitwisseling tussen lucht en water
Spaarbekken/WOK	onbekend	Vanuit WOK: 11.400 (gem.) 20.000 (max.)	Onbekend	continue	Passief: grensvlak- uitwisseling tussen lucht en water
Doseergebouw: microzeven, ademplucht kanalen en cascade	onbekend	11.400 (gem.) 20.000 (max)	Onbekend	Continu	Passief: via open oppervlak en ademplucht bij kanalen en cascade
Filtergebouw: vlokkendeken- filters en dubbellaagsfilters	100.000	11.400 (gem.) 20.000 (max)	9	Continu	Passief: via open oppervlak
Spoellucht dlf	260 m ³ /3 min. per dlf (1 x per week)	$V_{\text{filter}} \approx 5000 \text{ m}^3$ water	0,05	Intermitterend: 1 x per week per filter	Turbulente lucht- en waterstroom
Middendruk- bufferkelders	$V = 5000 \text{ m}^3$	$V = 10.500 \text{ m}^3$	0,5	Semi-continu	Passief: grensvlak- uitwisseling
Spoellucht AKF	129 m ³ /5 minuten per AKF (1 x per week)	$V_{\text{filter}} \approx 150 \text{ m}^3$ water	1,2	Intermitterend: 1 x per week per AKF	Turbulente lucht- en waterstroom
RWK	gem. 1667 (40.000 m ³ /dag)	11.400 (gem.) 20.000 (max.)	0,15	Semi-continu	Passief: grensvlak- uitwisseling

5.5 Omgeving en luchtverontreiniging

Productiebedrijf Berenplaat is gelegen in Spijkenisse aan de Berenplaat 10. Dit is aan de zuidkant van het Rijnmondgebied. Pb Berenplaat ligt vijf kilometer ten zuiden van het dichtstbijzijnde punt van de Botlek met grootschalige (petro)chemische industrie en procesindustrie (Figuur 6).



Figuur 6. Ligging van pb Berenplaat (en pb Kralingen) ten opzichte van bedrijventerreinen, wegen, rzwi's en luchtmeetstations.

5.5.1 Milieucidenten

Enige jaren geleden was er een vrij grootschalige verspreiding van een "inerte" katalysator uit een raffinaderij/petrochemische industrie in de Botlek. Vooral in Hoogvliet en Spijkenisse was fijnstof neergedaald. Evides is toen gealarmeerd, maar op pb Berenplaat was het fijnstof niet visueel vastgesteld.

Milieuklachten, waaronder klachten over stank en stof, komen binnen bij de milieudienst Rijnmond (DCMR). Sinds 1995 schommelt het aantal milieumeldingen bij de meldkamer van de DCMR rond de 20.000 per jaar. In 2009 registreerde de meldkamer 20.586 meldingen (Tabel 11). Klachten kunnen zijn stank- en lawaai-overlast bijvoorbeeld afkomstig van horeca, industrie, vliegtuigen, wegverkeer en scheepvaart. Lang niet alle klachten zijn relevant voor de analyse voor de risico's van het gebruik van lucht op pb Berenplaat. In 2009 zijn 17 grote voorvallen (voorvallen met 25 of meer meldingen) opgetreden.

Tabel 11. Aantal milieumeldingen bij DCMR en voorvallen van 2002 tot en met 2009.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Stank	6533	9217	5914	6499	5522	5175	4693	4569
Lawaai	4142	4564	4553	4818	6642	7852	9206	8573
Vliegtuig	3044	3739	7108	9533	7938	8234	7660	6349
Stof	197	114	142	934	245	296	287	186
Overig	908	1083	994	1461	1115	886	737	926
Totaal	14824	18717	18711	23245	21462	22443	22583	20586
Voorvallen met melding	8172	8483	7847	8357	9101	10419	10783	10139
Meldingen per voorval*	1,5	1,8	1,6	1,7	1,6	1,4	1,4	1,3
Afgerond aantal meldingen	7000	8800	7500	8700	7800	7400	7500	7000
Meldingen per melder	2,1	2,1	2,5	2,7	2,8	3,0	3,0	2,9

Voorval is een bundeling van meldingen en gegevens met dezelfde (vermoedelijke) oorzaak. Overig is het totaal van meldingen over visuele hinder, onveiligheid bodem, water en afval.

* exclusief vliegtuigmeldingen

5.5.2 Bedrijfs- en incidentmeldingen

Voor grote incidenten, die gevolgen kunnen hebben buiten het bedrijfsterrein, moet de industrie aan het Centraal Incidentennummer (CIN) een zogenaamde CIN-melding doen, waarmee de meldkamers van de DCMR, de Politie, de Brandweer, Rijkswaterstaat en het Havenbedrijf gelijktijdig de informatie over het incident ontvangen. In Tabel 12 wordt het aantal bedrijfsmeldingen en CIN-meldingen over de afgelopen jaren weergegeven. Het aantal meldingen stijgt de laatste jaren. Voor een deel wordt deze stijging veroorzaakt door een stijgend aantal voorvallen, maar zeker ook door een beter meldgedrag van de bedrijven. In 2009 is, net als in 2008, een verhoogd aantal CIN-meldingen terug te voeren op een verbeterd meldgedrag. Dit is verbeterd door de bedrijven goed voor te lichten over de meldprocedures en daarop ook expliciet toezicht te houden. Vooral de stijging van het aantal brandmeldingen en meldingen van kleine incidenten valt op. Deze stijging is voornamelijk toe te schrijven aan een nieuw meldingenbeleid van Shell Pernis.

Tabel 12. Aantal bedrijfs- en CIN-meldingen in het Rijnmondgebied van de afgelopen jaren.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Bedrijfsmeldingen totaal	4443	4832	5142	5474	5452	5472	5744	5891
Bedrijfsmeldingen onvoorzien	1055	1064	801	741	613	545	640	630
CIN-meldingen totaal, waarvan:	212	212	248	214	218	232	338	330
- branden	86	94	108	73	74	89	140	126
- grote incidenten	15	25	14	14	22	15	19	13
- kleine incidenten	111	93	126	127	122	128	179	191

In Tabel 13 zijn de grote incidenten in het Rijnmondgebied weergegeven in 2009. Enkele hebben ook invloed op de luchtkwaliteit, zoals branden en (gas)lekkages. In Bijlage: is een beschrijving gegeven van enkele van deze incidenten (bron: www.DCMR.nl). Zulke incidenten zouden potentieel een risico op kunnen leveren voor de kwaliteit van het innamewater voor productielocaties van Evides.

Tabel 13. Grote incidenten in 2009 in het Rijnmondgebied.

	Datum	GRIP	Betrokken gemeente(n)	Beschrijving incident
1	13-02-09	2	Rotterdam	Grote brand bij Kuwait Petroleum
2	05-03-09	1	Rotterdam	Lekkage gevaarlijke stof Vopak
3	09-04-09	1	Regio	Gesprongen waterleiding op meerdere locaties in de regio Rotterdam
4	05-06-09	1	Rotterdam	Brand in het stadhuis van Rotterdam
5	14-06-09	2	Ridderkerk	Scheepsongeval Oostdijk
6	10-07-09	1	Ridderkerk	Gaslek Ridderkerk
7	15-07-09	1	Rotterdam	Scheur in tank 519 bij Odfjell
8	22-08-09	1	Rotterdam	Schietpartij strandfeest Hoek van Holland
9	23-08-09	1	Spijkenisse	Zeer grote brand Marckenburg
10	24-09-09	3	Barendrecht, Rotterdam	Treinongeval Barendrecht
11	21-11-09	1	Rotterdam	Wateroverlast Noordplein
12	26-11-09	1	Hellevoetsluis	Brand Marine Hospitaal
13	19-12-09	1	Oostvoorne	Ontmantelen drugslaboratorium
14	20-12-09	1	Rotterdam	Explosie in appartementencomplex

Naast de meldingen van overlast bij DCMR zijn ook de jaaremissies bekend van de bedrijven. De grote industrie rapporteert jaarlijks de omvang van de emissies naar de lucht. Een aantal bedrijven rapporteert de in de vergunning toegestane hoeveelheden, maar steeds meer bedrijven rapporteren de werkelijke emissies in de milieujaarverslagen die zij maken (Snijder, 2008). De grote industrie is onderverdeeld in zes branches:

- Energie en utilities;
- Procesindustrie;
- Raffinaderijen;
- Tank op- en overslag;
- Afvalverwerking;
- Droge bulk op- en overslag.

In Bijlage is een overzicht gegeven van de emissies naar de lucht van de grote bedrijven in het Rijnmondgebied in 2008. Hieruit blijkt dat Shell Nederland Raffinaderij (Vondelingenweg 601, 3196 KK Rotterdam) op circa 5 kilometer van pb Berenplaat (Figuur 6) het bedrijf was met de hoogste emissies SO₂, NO_x, koolwaterstoffen (zonder methaan) en totaal stof in 2008 in het Rijnmondgebied. De ESSO-raffinaderij (Botlekweg 121-HAVENNR 4060, 3197 KA Botlek Rotterdam) op circa 6 kilometer van pb Berenplaat was het bedrijf met de hoogste uitstoot aan carcinogene (kankerverwekkende) koolwaterstoffen in 2008 in het Rijnmondgebied. Onder carcinogene koolwaterstoffen wordt hier verstaan acrylonitril, benzeen, 1,2-dichloorethaan, epichloorhydrine, ethyleenoxide, propyleenoxide en vinylchloride. AVR Rijnmond (Brielselaan 175, Rotterdam) op circa 10 kilometer van pb Berenplaat was in 2008 het bedrijf met de grootste uitstoot aan NH₃.

5.5.3 Handelen in geval van calamiteit

In geval van luchtverontreiniging in de omgeving wordt pb Berenplaat gealarmeerd door de Veiligheidsregio en handelt dan volgens het aanloopscenario, tenzij een hogere autoriteit een andere handelwijze oplegt. Indien noodzakelijk wordt een crisisteam van Evides ingezet. Het aanloopscenario bestaat uit:

- 1) melding door veiligheidsregio
- 2) evacuatie bedienend personeel, procesvoering op automatisch bedrijf
- 3) bypassen van de open spaarbekken nabij de zuivering
- 4) reservoirs op zo constant mogelijk niveau bedrijven
- 5) staken filterspoelingen luchtfase.

Evides is ook opgenomen in de rampenbestrijdingsplannen van de kerncentrales in Borssele en Doel (België).

Door Evides is een niet-kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd. Er werd geconcludeerd dat het niet zinvol is om pb Berenplaat uit te voeren met luchtfilters die ook radioactiviteit weren, aangezien bij een nucleaire fall-out waarschijnlijk ook de bron (de bekkens) gecontamineerd zijn. Voor de grondwaterbedrijven, die ook als nooddrinkwatervoorziening fungeren, is dit wel gedaan.

5.6 Rekenmethodes en gebruikte informatiebronnen

Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit en Luchtmeetnet DCMR

Een belangrijke informatiebron voor de luchtkwaliteit bij pb Berenplaat is het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM en het luchtmeetnet van DCMR. Hiermee wordt de luchtkwaliteit op leefniveau bepaald. De luchtmeetstations in de buurt van pb Berenplaat zijn in Figuur 6 aangegeven. Als worst case scenario worden de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten gebruikt in de periode van 2003 tot en met 2008.

Lange-termijn gaussisch pluimmodel

Met behulp van het lange-termijn gaussisch pluimmodel (TNO-SCMO, 1994) wordt een schatting gemaakt van de concentratie van verontreinigingen bij pb Berenplaat door puntemissies van enkele industrieën te gebruiken. In het model spelen onder andere de hoogte van de schoorsteen, de "pluimstijging", de windrichting en de opbouw van de atmosfeer een rol. Als *worst case* scenario wordt aangenomen dat de emissie van het bedrijf zich richting pb Berenplaat verplaatst tijdens een zonnige, vrijwel windstille dag. Het model is beschreven in Bijlage. In de berekening voor pb Berenplaat wordt uitgegaan van een effectieve schoorsteenhoogte van 100 meter en een afstand van 5000 meter tot de uitstoot. Voor $x = 5000$ meter geldt dan: De factor $C_{z0} = 1,21$ en de dispersiecoëfficiënt $\sigma_z = 720$ meter.

Worst case berekening voor luchtverontreinigende componenten in het water

In de reinwaterkelders, doseergebouwen en filtergebouwen van pb Berenplaat is het contact tussen lucht en water passief. In de reinwaterkelders van pb Berenplaat is de lucht-waterverhouding (ademlucht) circa 0,15 in het filtergebouw circa 9.

Als worst case berekening van de maximale concentraties van luchtverontreinigende stoffen in het filtergebouw wordt uitgegaan van een lucht-waterverhouding van 9 en volledige overdracht van verontreinigingen van lucht naar water.

Verontreinigingen uit lucht in het spaarbekken

Voor het bepalen van de concentratie van luchtverontreinigende stoffen in het spaarbekken (1,37 km²) en de Biesbosch-bekken (60 ha) wordt als *worst case* benadering de aanname gedaan dat er een evenwicht heerst (Henry constante) tussen de gas- en waterfase. Er is uitgegaan van 10 °C, een luchtdruk van 10⁵ Pa (1 bar) en een dichtheid van de lucht van 1,25 kg/m³. Dit is een *worst case* aanname, omdat de maximale concentraties waarmee in de risicoanalyse gewerkt wordt (uit het LML en van DCMR) slechts gedurende korte tijd (vaak minder dan een uur) optreden en het instellen van het evenwicht met het water in het bekken, zonder actieve uitwisseling, vermoedelijk veel langer duurt (dagen, weken). Omdat het bekken een open systeem is, waarbij de lucht steeds ververscht wordt, wordt de aanname gedaan dat de concentratie van een verontreiniging in de lucht niet afneemt als gevolg van stofoverdracht naar het water in het bekken. Als de (dimensieloze) Henrycoëfficiënt ($C_{\text{lucht}}/C_{\text{water}}$) kleiner is dan 1 wordt de concentratie in het water hoger dan in de lucht in een evenwichtssituatie.

Een tweede manier waarop concentraties van enkele luchtverontreinigende stoffen in het water van het bekken worden bepaald is met behulp van de depositiegegevens van verzurende en vermestende stoffen.

5.7 Resultaten en discussie pb Berenplaat

5.7.1 Depositie van verzurende en vermistende stoffen

In het milieucompendium (MNP, 2008) zijn de depositiekentallen van verzurende en vermistende stoffen per verzuringsgebied vermeld per jaar. Het betreft hier SO_x , NO_x , NH_x en organische zuren/halogeenzuren. Van andere stoffen worden in het milieucompendium de depositiekentallen niet vermeld. Voor pb Berenplaat is het gebied Zuid-Holland Zuid relevant. In Tabel 14 is de depositie weergegeven in het spaarbekken van pb Berenplaat en de toename van de concentratie van de verzurende en vermistende stoffen die dit veroorzaakt (oppervlakte bekken = 1,37 km², V = 6,8 miljoen m³). Voor de berekening van de concentratie in water is de aanname gedaan dat SO_x voorkomt als sulfaat (SO_4^{2-} , M = 96 g/mol), NO_x als nitraat (NO_3^- , M = 62 g/mol) en NH_x als ammonium (NH_4^+ , M = 18 g/mol). Er bestaat een veelheid aan (vluchtige) organische zuren en de halogeenzuren zijn HF (M = 20 g/mol), HCl (M = 36 g/mol), HBr (M = 81 g/mol), HI (M = 128 g/mol). Het is daarom niet duidelijk uit welke stoffen de depositie van organische en halogeenzuren bestaat. Uit Tabel 14 blijkt dat door depositie van verzurende en vermistende stoffen de sulfaat-, nitraat- en ammoniumconcentraties in het spaarbekken met niet meer dan een milligram per liter stijgen. Dit is niet verontrustend voor de drinkwaterkwaliteit.

Tabel 14. Depositie van verzurende en vermistende stoffen in Zuid-Holland zuid (2008).

Stof	Depositie (mol ha ⁻¹ jaar ⁻¹)	Concentratietoename in water (µmol/l)	Concentratietoename in water (µg/l)*
SO_x	510	10	960
NO_x	730	15	930
NH_x	1248	25	450
Org. en halogeenzuren	70	1,4	180**

* uitgaande van SO_4^{2-} , NO_3^- en NH_4^+

** Maximale concentratie indien de massa van HI wordt gebruikt (het zwaarste halogeenzuur).

Behalve in het kader van verzuringsonderzoek worden er geen routinematige depositiemetingen verricht. In Bijlage: zijn achtergrondwaarden weergegeven van depositie van andere componenten (stofgebonden elementen, PAK's en dioxinen). Deze zijn afgeleid uit gegevens van diverse binnen- en buitenlandse meetcampagnes en van referentiemetingen, die bij enkele branden zijn gedaan in bovenwinds gebied. De nauwkeurigheid waarmee een achtergronddepositie kan worden bepaald, hangt sterk af van het aantal beschikbare gegevens en de representativiteit daarvan. Voor de meeste componenten is het aantal gegevens zeer beperkt en kan alleen een indicatieve waarde worden bepaald (Mennen en Van Belle, 2007).

5.7.2 Jaargemiddelde concentraties in de lucht in de buurt van pb Berenplaat

In Tabel 15 zijn de jaargemiddelde concentraties van enkele verontreinigingen in de lucht (2008) weergegeven in het Rijnmondgebied (Snijder, 2009). Dit is gebaseerd op de meetstations Schiedam, Hoogvliet en Maassluis en geeft een goed beeld van de gemiddelde luchtkwaliteit bij pb Berenplaat.

Tabel 15. Jaargemiddelde concentraties van enkele verontreinigingen in de lucht in 2008 in het Rijnmondgebied.

Stof	Concentratie in de lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benzeen	1,6
Fijnstof (PM10)	26
Fijnstof (PM2,5)	18
CO	200-300
CO 98-percentiel	500-700
Ozon	35-45
NO ₂	37
SO ₂	8
PAKs*	29 ng/m ³
Fluoride**	104 ng/m ³

* totaal van 16 verschillende PAKs

** de totale concentratie aan fluoride-bevattende componenten in lucht wordt bepaald met de zogenaamde kalkpapiermethode. Deze methode is geschikt om een indruk te krijgen van de concentratie. Omrekenen naar luchtconcentraties is indicatief. De relatie tussen de gehalten in kalkpapier en lucht is erg onzeker.

5.7.3 Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten

Om de *worst case* risico's van het gebruik van lucht in de zuivering van pb Berenplaat vast te stellen zijn de hoogste concentraties van verontreinigende componenten geselecteerd in het Rijnmondgebied in de periode 2003 tot en met 2008 (Tabel 16, tweede kolom).

Tabel 16. Maximaal gemeten concentraties luchtverontreiniging in de buurt van pb Berenplaat in de periode 2003 tot en met 2008 (bron: RIVM/DCMR) en berekende maximale concentraties in het water.

Stof	Maximale concentratie lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meetstation	Soort gemiddelde	Jaar	Berekende maximale concentratie in ruwe water ($\mu\text{g}/\text{l}$)#	Berekende maximale concentratie in water na filtergebouw ($\mu\text{g}/\text{l}$)##
Fijnstof (PM10)	1075	Maassluis	Uur	2008	-	9,7
CO	7097	Statenweg, Rotterdam	Uur	2008	0,2	64
Ozon	289	Hoogvliet	Uur	2003	0,1	2,6
Ammoniak*	267	Zegveld - Oude Meije	Maand	2006	722	2,4
NO ₂	514	Botlek	Uur	2008	4,0	4,6
NO _x **	1917	Vlaardingen, Floreslaan	Uur	2003	-	17
SO ₂	345	Pernis	Uur	2003	17	3,1
Arseen	9,4 ng/m ³	Vlaardingen, Floreslaan	24-uur	2003	-	0,08 ng/l
Cadmium	182 ng/m ³	Vlaardingen	24-uur	2007	-	1,6 ng/l
Nikkel	30 ng/m ³	Vlaardingen	24-uur	2007	-	0,3 ng/l
Lood	533 ng/m ³	Rotterdam	24-uur	2003	-	4,8 ng/l
Zink	259 ng/m ³	Vlaardingen	24-uur	2003	-	2,3 ng/l
Fluorides****	0,13	Vlaardingen	4-wekelijks	2008	-	1,2 ng/l
PAKs*****	111 ng/m ³	Rotterdam	1- of 2 wekelijks	2008	0,5 ng/l###	1,0 ng/l
Benzo(a)pyreen	2,1 ng/m ³	Rijnmondgebied	24-uurs	2008	-	0,02 ng/l
Benzeen	150	Hoogvliet	Uur	2003	1,2	1,4
Tolueen	146	Overschie	Uur	2008	1,0	1,3
VOS totaal***	357	Maassluis	24-uurs	2007	-	3,2

* niet in Rijnmondgebied, maar hoogste concentratie gemeten in Nederland

** het totale aantal deeltjes stikstofmonoxide en stikstofdioxide

*** som van alkanen, aromaten, gechlorideerde alkanen en gechlorideerde aromaten.

**** totaal aan fluoride-bevattende componenten

***** totaal van 16 verschillende PAKs: Fenanthreen, Anthraceen, Fluoranteen, Chryseen, Benzo(a)anthraceen, Benzo(a)pyreen, Benzo(k)fluoranteen, Indeno(1,2,3,cd)pyreen, Benzo(ghi)peryleen, Pyreen, Dibenz(ah)anthraceen, Benzo(b)fluoranteen, Naftaleen, Acenaftyleen, Acenaftheen, Fluoreen.

concentratie in het spaarbekken en Biesbosch-bekken berekend met behulp van Henry coëfficiënten bij 10 °C, uitgaande van een evenwichtssituatie tussen lucht en water. Omdat van deeltjes en zware metalen aan deeltjes geen Henry coëfficiënten bekend zijn, zijn deze concentraties niet op deze manier te berekenen.

berekend op basis van een lucht-waterverhouding van 9 en een volledige overdracht van lucht naar water.

Op basis van jaargemiddelde depositie

De maximaal gemeten concentraties in de lucht uit Tabel 16 kunnen worden vergeleken met de EU-grenswaarden voor de luchtkwaliteit (Tabel 58, Bijlage:). De maximale uurgemiddelde concentraties SO₂ en CO in het Rijnmondgebied overschrijden niet de overeenkomstige EU-normen.

De maximaal gemeten uurgemiddelde NO₂-concentratie op meetstation Botlek in 2008 (514 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) overschrijdt wel de norm van 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het 99,9 percentiel is daar echter slechts 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dus de overschrijding vindt niet vaak plaats.

De hoogst gemeten uurgemiddelde ozonconcentratie in de periode 2003 tot en met 2008 (289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2003 in Hoogvliet) gaf ook een lichte overschrijding van de norm.

De maximale uurgemiddelde fijnstof concentratie was 1075, gemeten in Maassluis in 2008. Voor de fijnstof concentratie is er alleen een norm voor het jaargemiddelde (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hieraan wordt voldaan in het Rijnmondgebied (Tabel 15).

De hoogste uurgemiddelde benzeenconcentratie in de beschouwde periode (2003-2008) is 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij Hoogvliet in 2003. Op meetstation Maassluis was in 2008 de hoogste uurgemiddelde concentratie 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit zijn wel uitschieters want het 99,9 percentiel voor benzeen in het Rijnmondgebied in de beschouwde periode is circa 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De gemiddelde concentratie benzeen in 2003 bij Hoogvliet was 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en uit Tabel 15 blijkt dat de gemiddelde benzeenconcentratie in het Rijnmondgebied 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is. Dit voldoet aan de norm van 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De hoogste uurgemiddelde toluleenconcentratie in de beschouwde periode (2003-2008) is 146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij Overschie in 2008. Het 99,9 percentiel op die locatie in 2008 is echter slechts 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dus een concentratie boven de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ komt maar zelden voor. De gemiddelde concentratie op die locatie in 2008 was 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De hoogste 24-uursgemiddelde concentratie arseen is 9,4 ng/m^3 en gemeten op de Floreslaan in Vlaardingen in 2003. De gemiddelde concentratie arseen in 2003 op die locatie was 1,2 ng/m^3 . Dit voldoet aan de norm van 6 ng/m^3 als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde concentratie cadmium is 182 ng/m^3 en gemeten in Vlaardingen in 2007. Het 98-percentiel op die locatie in dat jaar was 1,9 ng/m^3 en het gemiddelde was 2,6 ng/m^3 . Hieruit kan worden geconcludeerd dat er vermoedelijk op één dag in dat jaar een relatief hoge emissie was van cadmium. Deze hoge concentratie heeft als gevolg dat het gemiddelde hoger is dan het 98-percentiel. De gemiddelde concentratie cadmium in 2007 op die locatie voldoet aan de EU-norm van 5 ng/m^3 als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde concentratie nikkel is 30 ng/m^3 en gemeten in Vlaardingen in 2007. De gemiddelde concentratie nikkel in 2007 op die locatie was 11,2 ng/m^3 . Dit voldoet aan de norm van 20 ng/m^3 als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde concentratie lood is 533 ng/m^3 en gemeten in Rotterdam in 2003. De gemiddelde concentratie lood in 2003 op die locatie was 19,3 ng/m^3 . Dit voldoet aan de norm van 500 ng/m^3 als jaargemiddelde.

Zestien verschillende PAKs worden in het Rijnmondgebied gemeten om de 1 tot 2 weken. Tabel 17 geeft de jaargemiddelden in 2008. Voor benzo(a)pyreen is een richtwaarde opgesteld voor de jaargemiddelde concentratie van 1 ng/m^3 . Uit Tabel 17 blijkt dat deze richtwaarde wordt gehaald. Voor de overige PAKs is er geen richtwaarde. De maximale totale hoeveelheid PAKs in 2008 was 111 ng/m^3 (Tabel 16). Deze concentratie is berekend op basis van de maximale concentraties van de individuele PAKs. Uit de gegevens van DCMR (Snijder, 2009) wordt echter niet duidelijk of de maximale concentraties op dezelfde dag zijn gemeten. Het maximum kan dus ook lager zijn.

Tabel 17. Jaargemiddelden PAK in 2008 in de lucht van het Rijnmondgebied.

Component	Concentratie (ng/m^3)
Acenaftheen	0,91
Acenaftyleen	1,26
Anthraceen	0,29
Benzo(a)anthraceen	0,10
Benzo(a)pyreen	0,19
Benzo(b)fluorantheen	0,35
Benzo(ghi)peryleen	0,18
Benzo(k)fluorantheen	0,07
Chryseen	0,24
Dibenzo(ah)anthraceen	0,11
Fenanthreen	5,97
Fluoranteen	3,18
Fluoreen	7,46
Indeno(1,2,3,cd)pyreen	0,36
Naftaleen	7,46
Pyreen	1,14

5.7.4 Worst case concentraties in water

Op basis van de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten (Tabel 16, tweede kolom) zijn de concentraties in de waterfase berekend. De concentratie van gassen en vluchtige stoffen in het water van het Biesbosch- en spaarbekken (Tabel 16, zesde kolom) is berekend met de Henry coëfficiënten (Bijlage:) van die verbindingen bij 10°C en de concentratie na het filtergebouw (Tabel 16,

zevende kolom) is berekend op basis van een lucht-waterverhouding van 9 en de aanname dat er een volledige overdracht is van de verontreinigingen van lucht naar water. De aanname dat alle verontreinigingen in het water terecht komen is in geval van pb Berenplaat nog meer *worst case* benaderd dan bij grondwaterbedrijven met een geforceerde beluchting, omdat de lucht in het filtergebouw van pb Berenplaat niet geforceerd in contact komt met het water.

Verder wordt er een vergelijking gemaakt met de concentratie van verzurende en vermestende stoffen in het spaarbekken op basis van de depositie (Tabel 14).

Het is niet bekend hoeveel fijnstof in het Biesbosch- en spaarbekken terecht komt door overwaaiende verontreinigende lucht en depositie. Op basis van de maximale fijnstofconcentratie (deeltjes < 10 µm) in het Rijnmondgebied in de lucht in de periode van 2003 tot en met 2008 is een *worst case* concentratie berekend van 9,7 µg/l fijnstof in het filtergebouw als er geen luchtfilters zouden worden gebruikt. De samenstelling van fijnstof is niet precies bekend, maar in Hoofdstuk 11 (Algemene discussie) wordt met een berekening aangetoond dat fijnstof (zonder luchtfiltratie) niet leidt tot normoverschrijdingen in het water van zware metalen of PAK die aan het fijnstof gebonden zijn. Aangezien de lucht in het doseergebouw en filtergebouw door een zakkenfilter (klasse F7) geleid is, zal fijnstof gemiddeld voor 80% tot 90% verwijderd worden (zie Hoofdstuk 3) en zal bovenstaande concentratie fijnstof in het water niet bereikt worden.

Er zijn geen normen voor de hoeveelheid CO in drinkwater. De *worst case* berekening geeft een concentratie van 0,2 µg/l in het ontvangstbekken op basis van evenwicht tussen de gasfase en de waterfase. In het filtergebouw is op basis van volledige overdracht van de gasfase naar de waterfase een CO-concentratie berekend van 64 µg/l (Tabel 16) maar aangezien er hier geen actieve uitwisseling tussen lucht en water plaatsvindt, zal ook hier de CO-concentratie in het water niet hoger zijn dan 0,2 µg/l.

De gemiddelde consumptie van koud drinkwater in Nederland is 0,6 liter per persoon per dag (Foekema e.a., 2008). Mons e.a. (2007) vonden een dagelijkse variatie in de consumptie variërend van 0,10 tot 1,55 liter. Voor de *worst case* berekening wordt een waterconsumptie van 2 liter aangenomen. Via consumptie van drinkwater zou dus maximaal 0,4 µg CO per dag worden ingenomen.

De ademfrequentie van een gemiddeld gezond persoon in rust is circa 12 per minuut (Dennis e.a., 1984; Guyton en Hall, 2006). Het ingeademde volume is gemiddeld 500 ml gedurende een normale ademhaling (Guyton en Hall, 2006). Per dag ademt een gemiddeld gezond persoon daarom circa 9 m³ lucht in. In het slechtste geval zal een persoon op de Statenweg in Rotterdam bij een maximale concentratie van 7097 µg/m³ 64 mg CO per dag binnenkrijgen. De hoeveelheid die via het drinkwater wordt ingenomen (0,4 µg) is dus verwaarloosbaar ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

Ook voor de ozonconcentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid ozon die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd. Ozon dat onbedoeld via de lucht in het water van de zuivering wordt gebracht, zal vermoedelijk reageren met DOC of anorganische componenten oxideren.

Ammoniak wordt niet standaard gemeten in de lucht van het Rijnmondgebied. De maximale concentratie van 267 µg/m³, die in Zegveld-Oude Meije gemeten is een overschatting van de werkelijk concentraties in de buurt van pb Berenplaat. Omdat ammoniak goed oplost in water (hoge Henrycoëfficiënt, Bijlage:) zou bij evenwicht tussen lucht en water in het Biesbosch- of spaarbekken de ammoniakconcentratie hoger worden dan in de lucht tot een maximum van 722 µg/l.

Depositiegegevens van NH_x (Tabel 14) laten zien dat de ammoniumconcentratie in het spaarbekken als gevolg van depositie met maximaal 450 µg/l zal toenemen.

De lucht die in het filtergebouw in aanraking komt met het water zou nog voor een toename van de ammoniumconcentratie in het water kunnen zorgen van maximaal 2,4 µg/l (Tabel 16).

Uit metingen van Evides zelf in 2008 en 2009 in het inkomende water (lage druk pompstation) blijkt dat de ammoniumconcentratie nooit hoger is dan 60 µg/l en in het uitgaande reine water (hoge druk pompstation) nooit hoger dan 40 µg/l. Hiermee wordt aan de norm van het Drinkwaterbesluit 2011

voldaan (200 µg/l) en hieruit blijkt ook dat de depositie van ammonium niet tot problemen leidt voor de drinkwaterkwaliteit.

De maximale hoeveelheid NO_x als deeltjes in de lucht in het Rijnmondgebied in de periode van 2003 tot en met 2008 is vastgesteld op 1917 µg/m³ op basis van uurgemiddelde metingen. Omdat het deeltjes zijn, worden deze voor het grootste deel verwijderd op de plekken waar fijnstoffilters gebruikt worden, alhoewel er in het jaaroverzicht van de luchtkwaliteit van Nederland door het RIVM (Beijk e.a., 2008) niet wordt vermeld hoe groot deze deeltjes zijn.

Ook voor de NO_x-concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid NO_x die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

NO_x zou in het water kunnen oxideren tot nitraat. Uit de jaarlijkse depositie van NO_x volgt een maximale toename van nitraat in het spaarbekken van 930 µg/l (Tabel 14). De door Evides gemeten nitraatconcentratie in het reine water (hoge druk pompstation) varieert tussen 10 en 15 mg/l. De bijdrage vanuit de lucht is daarom verwaarloosbaar. De drinkwaternorm voor nitraat uit het Drinkwaterbesluit 2011 is 50 mg/l. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid NO_x die vanuit de lucht in het water terecht komt voor de waterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

Ook voor de SO₂-concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid SO₂ die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

SO₂ zou in het water kunnen oxideren tot sulfaat. Uit de jaarlijkse depositie van SO_x volgt een maximale toename van sulfaat in het spaarbekken van 960 µg/l (Tabel 14). Dit is meer dan is berekend in Tabel 16 op basis van evenwicht tussen SO₂ in de gas- en vloeistoffase (17 µg/l).

De door Evides gemeten sulfaatconcentratie in het reine water (hoge druk pompstation) varieert tussen 40 en 55 mg/l. De bijdrage vanuit de lucht is daarom verwaarloosbaar. De drinkwaternorm voor sulfaat uit het Drinkwaterbesluit 2011 is 150 mg/l. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid SO₂ die vanuit de lucht in het water terecht komt voor de waterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

Metingen van Evides laten zien dat de cadmiumconcentratie in het reine water gemiddeld circa 0,05 µg/l is en de loodconcentratie meestal tussen 0,05 en 5 µg/l (in het water direct voor of na de Biesbosch-bekken). Dit voldoet aan het Drinkwaterbesluit 2011 (Tabel 1). De maximale concentraties van de zware metalen arseen, cadmium, nikkel, zink en lood in het drinkwater als gevolg van luchtgebruik in de zuivering van pb Berenplaat (Tabel 16) leveren slechts een zeer kleine bijdrage aan de totale concentratie, ook als er geen luchtfiltratie plaats zou vinden. Met de geïnstalleerde fijnstoffilters op pb Berenplaat worden de zware metalen grotendeels uit de lucht verwijderd, omdat ze deeltjesgebonden zijn. Dit betekent dat de hoeveelheid zware metalen in de lucht voor de drinkwaterkwaliteit geen probleem oplevert.

Indien de benzeen- en toluenconcentratie boven het Biesbosch- of lokale spaarbekken gedurende langere tijd de maximale concentratie bereiken die in de periode van 2003 tot en met 2008 gedurende één uur gemeten is in het Rijnmondgebied, kan dit in theorie leiden tot concentraties van maximaal 1,0 µg/l toluen en 1,2 µg/l voor benzeen in de spaarbekken (Tabel 16). Dit is gebaseerd op een evenwichtssituatie tussen de lucht- en de waterfase berekend met de Henryconstante ($H = C_{\text{lucht}}/C_{\text{water}}$) bij 10°C (Bijlage:). De concentraties van benzeen in de waterfase is hoger dan de kwaliteitseis in het Drinkwaterbesluit van 1 µg/l voor monocyclische koolwaterstoffen/ aromaten (totaal) (Tabel 1).

De berekende worst case benzeen- en toluenconcentraties in het ruwe water zijn gebaseerd op eenmalige hoge uurwaardes in de lucht in het Rijnmondgebied (respectievelijk 150 µg/m³ en 146 µg/m³) waarvan het niet waarschijnlijk is dat ze (voor langere tijd) voorkomen bij pb Berenplaat. Deze hoge concentraties zijn waarschijnlijk een gevolg van calamiteiten, maar dat is verder uit de cijfers uit het LML of DCMR-netwerk niet op te maken. Aangezien de verhoogde concentraties slechts gedurende korte periode in de lucht aanwezig zijn (de gegeven concentraties zijn alle uurgemiddelde concentraties) en een evenwichtsinstelling tussen de lucht en het grote ontvangtbekken vermoedelijk een proces is van meerdere dagen, omdat er geen actieve uitwisseling is tussen de lucht- en waterfase, is het zeer onwaarschijnlijk dat deze relatief hoog berekende concentraties benzeen en toluen in de spaarbekken bereikt worden.

In 2008 was het 99,9 percentiel voor de benzeenconcentratie (in de lucht) in het Rijnmondgebied nooit hoger dan 40 µg/m³ en het 99,5 percentiel nooit hoger dan 20 µg/m³ (Snijder, 2009). De gemiddelde benzeenconcentratie in de lucht in het Rijnmondgebied is slechts 1,6 µg/m³ (Tabel 15). Op basis van deze gemiddelde benzeenconcentraties en uitgaande van evenwicht tussen de water- en de luchtfase wordt een benzeenconcentratie verwacht van circa 0,01 µg/l in de Biesbosch- of lokale spaarbekken. Voor toluen (methylbenzeen) geldt een zelfde redenering en een zelfde concentratieschatting.

Ook in het filtergebouw zou in theorie bij volledige overdracht van de maximaal gemeten benzeen- en toluenconcentratie in de lucht naar het water een concentratie kunnen ontstaan van circa 1,4 µg/l (Tabel 16) maar op deze plaats is dat niet erg waarschijnlijk omdat slechts een fractie van de gebouwvlucht in aanraking komt met het water en de uitwisseling passief is.

Benzeen- en methylbenzeenconcentraties worden in het reine water van pb Berenplaat vrijwel niet significant aangetroffen door Evides. In 2008 en 2009 waren er respectievelijk één en twee metingen waarin ze werden aangetoond tot maximaal 0,03 µg/l. Dit is ruim onder de norm voor totaal aromaten in het Drinkwaterbesluit 2011. Het is niet duidelijk hoeveel hiervan van luchtverontreiniging afkomstig en hoeveel al aanwezig was in het ingenomen water.

Zie voor een verdere bespreking van de risico's van benzeen en toluen het hoofdstuk over risico's van branden (Hoofdstuk 10). Andere vluchtige organische verbindingen (bijvoorbeeld xyleen, ethylbenzeen) zijn in lagere concentraties aanwezig in de lucht dan benzeen en toluen (Snijder, 2009) en leveren daarom minder risico op.

PAKs zijn slecht oplosbaar in water en zijn in de lucht deels deeltjesgebonden zijn waardoor de aanwezige fijnstoffilters op pb Berenplaat de PAKs deels uit de lucht naar het filtergebouw en de reinwaterkelders verwijderden. Maar ook zonder luchtfilter en bij volledige overdracht van lucht naar water van de hoeveelheid PAKs die via de lucht in het filtergebouw of de reinwaterkelder terecht komen, wordt geen hogere concentratie dan 1 ng/l in de waterfase verwacht als gevolg van luchtgebruik in het filtergebouw (Tabel 16). PAKs worden door Evides enkele keren per jaar in het reine water van pb Berenplaat gemeten, maar deze zijn in 2008 en 2009 niet aangetoond.

Met behulp van de depositiegegevens van deeltjesgebonden PAKs (Bijlage:) kan een schatting gemaakt worden van de concentratie PAKs in het spaarbekken als gevolg van depositie. De jaarlijkse depositie van de PAKs is circa 2,5 µg/m². Als het spaarbekken (1,37 km², 6,8 miljoen m³) een jaar niet ververst wordt, zou de concentratie PAKs 0,5 ng/l bedragen. Dit geeft aan dat onder normale omstandigheden er geen problemen met PAKs zijn te verwachten in het ruwe water als gevolg van depositie. In het hoofdstuk over risico's van branden (Hoofdstuk 10) wordt ook nog ingegaan op depositie in spaarbekken na branden.

5.7.5 Verhoogde concentratie door industrie in de buurt van pb Berenplaat

In Bijlage is een overzicht gegeven van de emissies naar de lucht van de grote bedrijven in het Rijnmondgebied in 2008. Hieruit blijkt dat Shell Nederland Raffinaderij (Vondelingenweg 601, 3196 KK Rotterdam) op circa 5 kilometer van pb Berenplaat het bedrijf was met de hoogste emissies SO₂, NO_x, koolwaterstoffen (exclusief methaan) en totaal stof in het Rijnmondgebied. De ESSO-raffinaderij (Botlekweg 121-HAVENNR 4060, 3197 KA Botlek Rotterdam) op circa 6 kilometer van pb Berenplaat was het bedrijf met de hoogste uitstoot aan carcinogene (kankerverwekkende) koolwaterstoffen in 2008 in het Rijnmondgebied. Onder carcinogene koolwaterstoffen wordt hier verstaan: acrylonitril, benzeen, 1,2-dichloorethaan, epichloorhydrine, ethyleenoxide, propyleenoxide en vinylchloride. AVR Rijnmond (Brielselaan 175, Rotterdam) op circa 10 kilometer van pb Berenplaat was in 2008 met 22 ton/jaar het bedrijf met de grootste uitstoot aan NH₃. In Tabel 18 is een overzicht gegevens van de uitstoot van deze drie bedrijven en van de totale uitstoot van de grote bedrijven in het Rijnmondgebied.

Tabel 18. Emissieoverzicht van de bedrijven met de grootste emissies in het Rijnmondgebied in 2008.

Bedrijf	SO ₂ (ton/jaar)	NO _x (ton/jaar)	Kws (ton/jaar)	Totaal stof (ton/jaar)	Fijnstof (ton/jaar)	NH ₃ (ton/jaar)	Carcinogenen (ton/jaar)
Shell Nederland Raffinaderij	11352	4608	2636	1141	-	-	7
Esso raffinaderij	3101	910	2078	75	-	-	44
AVR Rijnmond	6	466	2,2	2	2	22	-
Totaal grote industrie	24.555	15.784	12.556	1671	209	40	144

Met behulp van het lange termijn gaussisch pluimmodel zijn de immissieconcentraties berekend bij pb Berenplaat als gevolg van de uitstoot van de industrie. Als worst case situatie is uitgegaan van de totale uitstoot van de grote industrie (Tabel 18, onderste rij) op een afstand van 5 kilometer en een windrichting naar pb Berenplaat tijdens een zonnige, vrijwel windstille dag. Op deze wijze is de maximale concentratie berekend bij pb Berenplaat als gevolg van uitstoot van deze industrie (Tabel 19). Deze concentraties zijn lager dan de jaargemiddelde concentraties in het Rijnmondgebied (vergelijk fijnstof, NO_x, SO₂ in Tabel 15). Dit komt doordat de zware industrie zich op relatief grote afstand van het productiebedrijf bevindt, waardoor er sterke verdunningen plaatsvinden. De achtergrondconcentraties in het Rijnmondgebied worden bepaald door een groot aantal (diffuse) bronnen en als deze allemaal bij elkaar opgeteld worden, resulteert dit in hogere concentraties dan als gevolg van de directe invloed van de zware industrie.

De afstand tot de verontreinigingsbron is de meest kritische factor die de concentratie bepaalt bij pb Berenplaat. Er zijn geen risico's voor de drinkwaterkwaliteit te verwachten bij normale uitstoot van de zware industrie.

De gebruikte emissiecijfers zijn jaartotalen. Gedurende kortere periodes kan de uitstoot hoger zijn, maar op een afstand van minimaal vijf kilometer van de emissie is het onwaarschijnlijk dat de concentraties hoger zullen zijn dan de maximaal gemeten concentraties in het Rijnmondgebied, zoals weergegeven in Tabel 16.

Tabel 19. Geschatte worst case immissieconcentraties bij pb Berenplaat als gevolg van uitstoot door de industrie.

Stof	Immissie bij pb Berenplaat (µg/m ³)
SO ₂	7,6
NO _x	4,9
KWS	3,9
NH ₃	0,01
Carcinogenen	0,04
Fijnstof	0,06

5.8 Conclusies

- Bij oppervlaktewaterproductiebedrijf Berenplaat wordt in het zuiveringsproces relatief weinig lucht gebruikt ten opzichte van grondwaterbedrijven en wordt minder intensief belucht. Het grootste risico van contaminatie van het water via de lucht wordt gelopen bij de Biesbosch-bekken, het lokale waterontvangstkanaal of het lokale spaarbekken, die continu in contact staan met de buitenlucht.
- Metingen van gassen, VOS, fijnstof en zware metalen in de lucht in het Rijnmondgebied (landelijk meetnet en meetnet DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2008 en metingen van Evides zelf in het water geven aan dat verontreiniging van het Biesbosch-bekken of spaarbekken

via de lucht en gebruik van lucht in de zuivering van pb Berenplaat geen risico oplevert voor de drinkwaterkwaliteit.

- In uitzonderlijke situaties (in circa 0,1% van de tijd) wordt op plekken in het Rijnmondgebied benzeenconcentraties boven 50 µg/l gemeten. Langdurige blootstelling van het water spaarbekkens aan deze benzeenconcentraties zou kunnen leiden tot een overschrijding van de norm in het Drinkwaterbesluit in het ruwe water. Dit is echter niet waarschijnlijk aangezien deze hoge concentraties in de lucht slechts van korte duur zijn (uren) en het instellen van een evenwicht veel langer duurt (dagen, weken). Door Evides zijn nooit overschrijdingen van benzeen of andere VOS in het water vastgesteld.
- Modelberekeningen van de uitstoot van de grote industrieën in het Rijnmondgebied geven aan dat deze emissies niet leiden tot overschrijdingen van componenten in het drinkwater van pb Berenplaat.
- Met het zakkenfilter (fijnstoffilter F7) voor het doseergebouw en filtergebouw wordt fijnstof en roet verwijderd voor gemiddeld 80% tot 90%. Met het fijnstoffilter F8/9 voor de reinwaterkelders wordt fijnstof en roet gemiddeld met minimaal 95% verwijderd. Ook zonder deze luchtfiltratiestappen wordt geen risico verwacht van fijnstof en roet voor de drinkwaterkwaliteit. Gassen en vluchtige organische stoffen zoals benzeen en toluen worden niet tegengehouden door de luchtfilters.

5.9 Aanbevelingen

- Er wordt aanbevolen de zakkenfilters (fijnstoffilter F7) voor het doseer- en filtergebouw en het fijnstoffilter F8/9 voor de reinwaterkelder te behouden. Voor reguliere concentraties fijnstof en roet in de lucht is dit niet nodig, maar als veiligheidsbarrière in geval van een calamiteit in de buurt kan dit gewenst zijn. Na de reinwaterkelder is er ook geen verdere barrière meer om deze componenten tegen te houden.
- Gebruik van absoluutfilters die nucleaire fall-out volledig tegenhouden wordt niet aanbevolen voor pb Berenplaat aangezien bij een nucleaire fall-out waarschijnlijk ook de bron (Biesbosch-bekken of spaarbekken) gecontamineerd is.

6 Risicoanalyse pb Kralingen (Evides): industrie, RWZI en snelweg

6.1 Samenvatting

Productiebedrijf Kralingen (Evides) ligt evenals pb Berenplaat in het Rijnmondgebied, op korte afstand (circa 200 meter) van de druk bereden A16 en op circa 500 meter afstand van rwzi Kralingseveer. Het ruwe water komt in contact met de buitenlucht bij de bekkens in de Biesbosch en bij het lokale spaarbekken van pb Kralingen. In het zuiveringsproces komt lucht in aanraking met het water bij de vlokvorming/lamellenscheiders, dubbellaagsfilters, middendrukkelder, en de reinwaterkelders. Contact met de lucht is niet intensief, uitgezonderd tijdens filterspoelingen van de dubbellaagsfilters. Alleen de ademlucht van de reinwaterkelders wordt gefiltreerd met een absoluutfilter H11. Hiervoor heeft Evides gekozen vanwege fijnstof en roet dat vanaf de A16 geëmitteerd wordt.

De maximale concentratie fijnstof in de lucht rond pb Kralingen zal in het reine water geen hogere concentratie opleveren dan 0,2 µg/l op basis van de ademlucht die de reinwaterkelder binnenkomt en de hoeveelheid water in de reinwaterkelder. Zwarte rook (roetdeeltjes) zal in het reine water geen hogere concentratie hebben dan 0,02 µg/l als gevolg van luchtinname. Roetdeeltjes bestaan grotendeels uit elementair koolstof. Ook niet vluchtige PAKs kunnen aanwezig zijn. Met het H11 absoluutfilter wordt minstens 95% van het fijnstof en de roetdeeltjes uit de lucht verwijderd.

Pb Kralingen is op circa 500 meter ten westen van rwzi Kralingseveer gevestigd. Rioolwater bevat ziekteverwekkende micro-organismen die via aërosolen (tijdens het beluchtingsproces in actief slib tanks) in de omgeving verspreid kunnen worden, zoals virussen, bacteriën en parasieten. Bacteriën en virussen zijn aangetroffen in de lucht boven en rondom beluchtingbassins van rwzi's. Om het maximale besmettingsrisico te bepalen is met behulp van de methode van Van der Woerd e.a. (1999) een worst case berekening uitgevoerd met een lucht-waterverhouding van 0,2 voor de RWK van pb Kralingen en volledige overdracht van lucht naar water. Het is een *worst case* benadering aangezien in de studie van Van der Woerd e.a. (1999) de beluchting niet overdekt was en bij rwzi Kralingseveer is dat wel het geval. Het reine water van pb Kralingen voldoet zonder luchtbehandeling aan de kwaliteitseis voor het aëroob KG22 en de concentratie bacteriën van de coligroep. Voor de enterovirussen ligt de op deze manier berekende concentratie in drinkwater boven de kwaliteitseis uit de het Drinkwaterbesluit. Er kan dus niet zonder meer van uit worden gegaan dat de situatie veilig is. Van der Woerd e.a. (1999) houden echter nog geen rekening met verdunning door diffusie en dispersie tijdens het transport van de rwzi voor het drinkwaterproductiebedrijf, waardoor de concentraties over een afstand van circa 500 meter nog met twee tot drie ordegroottes zal dalen, afhankelijk van o.a. het weertype en de grootte van de aërosolen.

Door behandeling van de lucht met het absoluutfilter H11 op de reinwaterkelder van pb Kralingen worden de virussen vermoedelijk voor minimaal 95% tegengehouden (zie Hoofdstuk 3). Er wordt aanbevolen om op de reinwaterkelders luchtfiltratie te behouden om bacteriën en virussen te verwijderen die mogelijk nog in verhoogde concentraties de lucht aanwezig zijn vanwege aërolisatie op rwzi Kralingseveer.

Voor fijnstof en zwarte rook zou gezien de concentraties in de lucht bij pb Kralingen strikt gezien geen luchtfiltratie nodig zijn als een concentratie roet van 0,02 µg/l in het drinkwater (verwacht zonder luchtfiltratie) geen probleem is voor de drinkwaterkwaliteit (zie ook paragraaf 11.5).

6.2 Inleiding

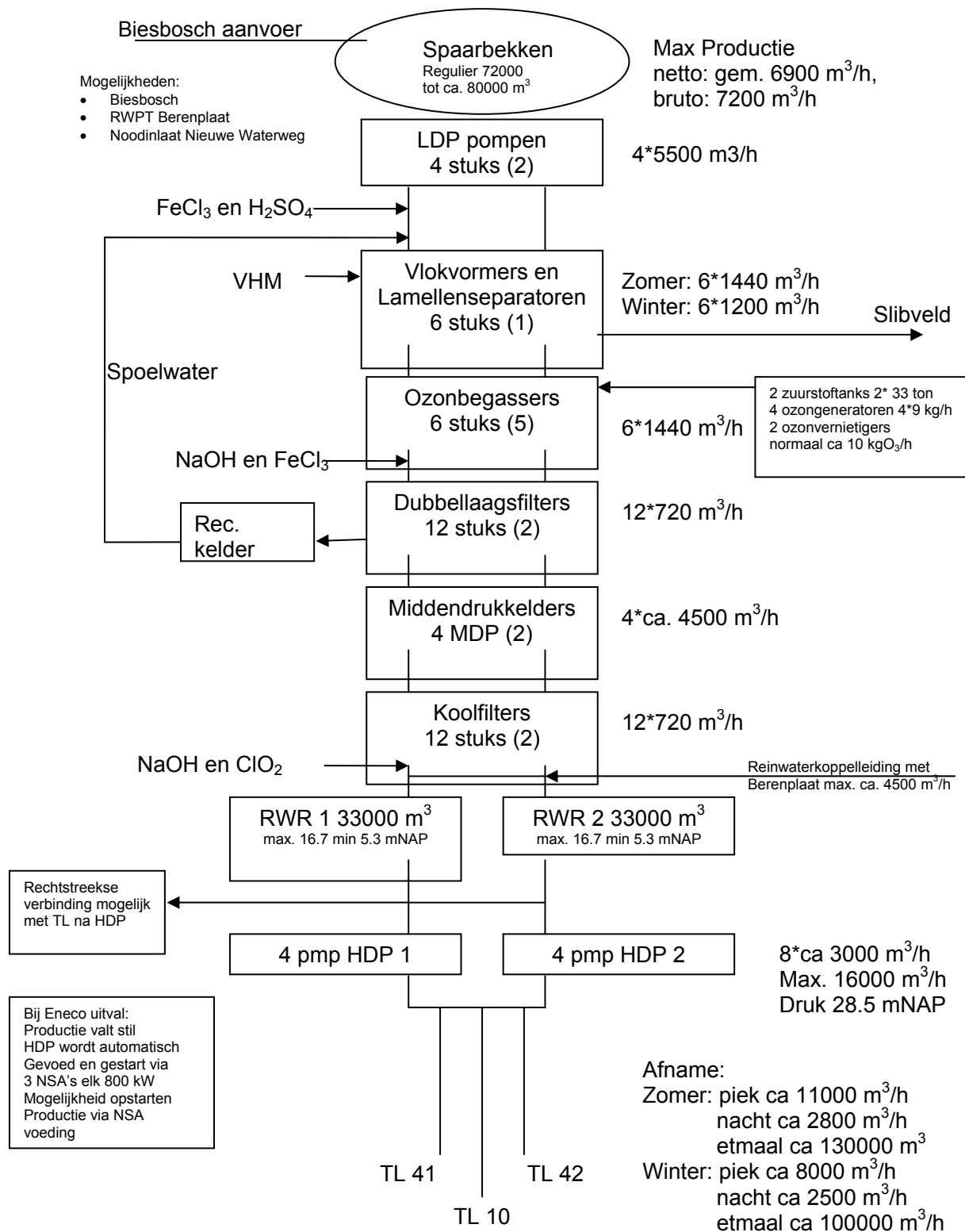
Het productiebedrijf (pb) Kralingen (Evides NV) is gelegen in Rotterdam aan de Schaarwijk 150. De jaarproductie is circa 40 miljoen m³ drinkwater en bestemd voor Delft, Rotterdam en Capelle ten noorden van de Nieuwe Maas.

Pb Kralingen ligt in het Rijnmondgebied, een dichtbevolkt havengebied, met veel scheepvaart, wegverkeer en zware industrie. Deze activiteiten leiden in vergelijking tot de rest van Nederland tot

hoge emissies naar de lucht die mogelijk een risico op kunnen leveren voor de drinkwaterkwaliteit van pb Kralingen. In het zuiveringsproces wordt lucht bijvoorbeeld gebruikt als spoellucht voor de dubbellaagsfilters en de actieve koolfilters of als gebouwlucht. Ook het water in de Biesbosch-bekken of in het spaarbekken kan via de lucht verontreinigd worden. In dit hoofdstuk worden de risico's besproken van luchtverontreiniging voor de drinkwaterkwaliteit van pb Kralingen.

6.3 Zuiveringsproces

Water voor pb Kralingen wordt aangevoerd vanuit de Biesbosch-bekken. Het spaarbekken van pb Kralingen (72.000 m³) zelf dient slechts als noodvoorraad. Het zuiveringsproces bestaat uit vlokvorming/lamellenseparatoren, ozonbehandeling, dubbellaagsfiltratie, koolfiltratie en ClO₂ (na)desinfectie (Figuur 7). De gemiddelde jaarproductie is 35 tot 40 miljoen m³ per jaar.



Figuur 7. Schematische weergave van het zuiveringsproces van pb Kralingen.

6.4 Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen

Op de volgende plaatsen komt het water in contact met buitenlucht:

1. bekkens in de Biesbosch: uitwisseling met buitenlucht
2. spaarbekken: uitwisseling met buitenlucht
3. vlokvorming/lamellenscheiders: ventilerend open oppervlak
4. dubbellaagsfilters: ventilerend open oppervlak en luchtspoeling van de filters
5. middendrukkelder: ventilerend open oppervlak
6. reinwaterkelders: ademplucht

Bij de Biesbosch-bekken (60 ha) en het spaarbekken (4,4 ha) wordt geen lucht behandeld. Dit is ook niet realistisch omdat dit buiten is en een groot oppervlak heeft.

Ook bij de vlokvorming, dubbellaagsfilters en in de middendrukkelder (3 tot en met 5 hierboven) komt buitenlucht ongefiltreerd in contact met het water. Het contact tussen lucht en water is echter steeds passief, omdat de lucht niet actief ververst wordt en de wateroppervlakken ook vrij stagnant (niet turbulent) zijn, uitgezonderd tijdens filterspoelingen van de dubbellaagsfilters.

Het spaarbekken en de vlokvorming/lamellenscheiders zitten voor de ozonhoofddesinfectie. Microbiële verontreinigingen die (mogelijk via de lucht) in het water aanwezig zijn, zullen hier worden geïnactiveerd. Ozon wordt bereid uit zuivere zuurstof, dus hiervoor wordt geen buitenlucht gebruikt.

Er zijn in totaal 12 dubbellaagsfilters. Om de 30 uur wordt een dubbellaagsfilter teruggespoeld. Dit gebeurt gedurende twee minuten met lucht met een debiet van 3240 m³/uur (in totaal 108 m³). Deze lucht komt in contact met de inhoud van het filter, circa 32 m³ filtermateriaal en circa 48 m³ water. Verontreinigingen in de spoellucht kunnen worden overgedragen aan het water in het dubbellaagsfilter of sorberen aan het filtermateriaal. Na de luchtspoeling volgt de waterspoeling. Het spoelwater wordt hergebruikt en weer in het proces gebracht voor de vlokvorming/lamellenscheiders (Figuur 7).

De twee middendrukkelders na de dubbellaagsfilters bevatten in totaal 1774 m³ (h = 1,4 m) tot 3044 m³ (h = 2,4 m) water. Het adempluchtvolume is daarom maximaal 1300 m³. Er wordt geen luchtfiltratie toegepast. In het geval dat verontreinigende componenten via de lucht in het water terecht komen, bijvoorbeeld vluchtige organische stoffen, vormen de actieve koolfilters na deze kelders nog een barrière, zodat deze stoffen uit het water worden verwijderd. Het AKF heeft geen luchtspoeling. Zowel de reinwaterkelders als het actieve koolfilter worden regelmatig bemonsterd op onder meer microbiologische parameters, pesticiden en metalen.

De ademplucht van de reinwaterkelders wordt gefiltreerd met een absoluutfilter H11. Hiervoor is gekozen vanwege fijnstof en roet dat vanaf de A16 geëmitteerd wordt. Als gevolg van reguliere niveaubeweging in de kelders komt er dagelijks in totaal circa 20.000 m³ lucht de kelders in. Tabel 20 geeft een overzicht van de lucht- en waterdebieten op pb Kralingen.

Tabel 20. Water- en luchtdebieten op pb Kralingen.

Proces	Debieten luchtstromen (m ³ /uur)	Waterdebieten (m ³ /uur)	Verhouding lucht-water, RQ	Luchtgebruik continu of met intervallen?	Contact met lucht
Biesbosch-bekken	onbekend	7200*	onbekend	Continu	Passief: grensvlak-uitwisseling
spaarbekken	onbekend	7200**	onbekend	Continu	Passief: grensvlak-uitwisseling
vlokvorming/lamellenscheiders	Onbekend, geen actieve stroom	7200	onbekend	Continu	Passief: grensvlak-uitwisseling
dubbellaagsfilters	Onbekend, geen actieve stroom	7200	onbekend	Continu	Passief: grensvlak-uitwisseling
Middendruk-kelders	V = 1300 m ³	V _{gem} = 2400	0,5	Semi-continu	Passief: grensvlak-uitwisseling
Spoellucht dlf	108 m ³ /2 min. per dlf	V _{filter} = 48 m ³ water	2,3	Intermitterend: 1 x per 30 uur per dlf	Turbulente lucht- en waterstroom
RWK's	833 gemiddeld (20.000 m ³ /dag)	4600***	0,2	Semi-continu	Passief: grensvlak-uitwisseling

* dit is alleen het gemiddelde debiet voor pb Kralingen

** spaarbekken levert alleen in noodgevallen.

*** op basis van gemiddelde etmaalproductie in zomer en winter (Figuur 7).

Door Evides is een niet-kwantitatieve analyse uitgevoerd voor nucleaire fall-out. Hierbij werd geconcludeerd dat het niet zinvol was om pb Kralingen uit te voeren met luchtfilters die ook radioactiviteit weren, aangezien bij een nucleaire fall-out waarschijnlijk ook de bronnen (Biesbosch-bekken, spaarbekken) gecontamineerd zijn. Bij de grondwaterbedrijven, die ook als nooddrinkwatervoorziening fungeren, zijn wel luchtfilters in gebruik.

Verder is er geen analyse uitgevoerd naar de risico's van luchtverontreiniging, maar dat staat nu wel op de agenda bij Evides. Een mogelijkheid is net zo te handelen als op pb Braakman. De maatregelen op Braakman bij luchtverontreiniging zijn verwoord in een zogenaamd aanloopscenario en omvatten 1) melding door Veiligheidsregio; 2) evacuatie bedienend personeel, procesvoering op automatisch bedrijf; 3) bypassen van de open spaarbekken nabij de zuivering; 4) reservoirs op zo constant mogelijk niveau bedrijven; 5) staken filterspoelingen luchtfase.

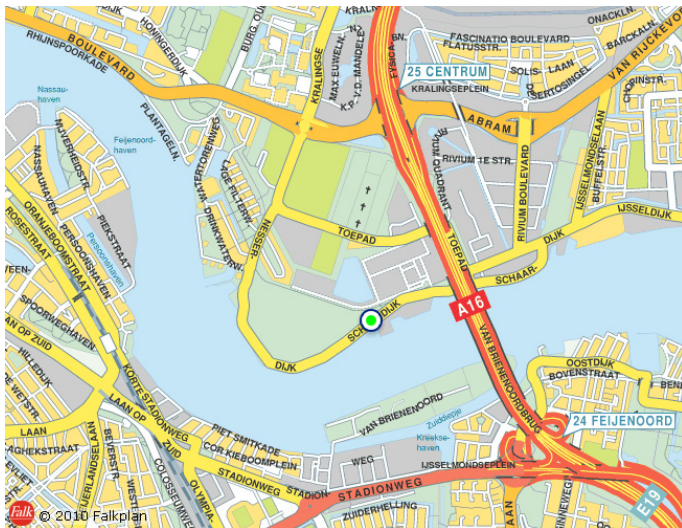
6.5 Omgeving en luchtverontreiniging

Productiebedrijf Kralingen is gelegen in Rotterdam aan de Schaaldijk langs de Nieuwe Maas (Figuur 6, Figuur 8, Figuur 9). Dit is op minder dan 200 meter afstand van de snelweg A16 met een gemiddelde verkeersintensiteit van 235.000 per etmaal (2010). Omdat de A16 bij Rotterdam één van de drukst bereden snelwegen van Nederland is, vinden er aanzienlijke verkeersemissies plaats. Tijdens de ochtend- en avondspits zullen deze emissies het hoogste zijn. Pb Kralingen ligt langs de Nieuwe Maas met afblaas en ontluchting van tankschepen.

Rwzi Kralingseveer ligt op ongeveer 500 meter afstand van pb Kralingen (Figuur 9). Het is de grootste rwzi van Schieland en de Krimpenerwaard (360.000 inwonersequivalenten, 100.000 m³/dag) en zuivert het afvalwater van huishoudens en bedrijven uit een deel van Rotterdam en Capelle aan den IJssel en uit Bergschenhoek. Rwzi Kralingseveer is een conventionele zuiveringsinstallatie die bestaat uit voorbezinking, een actief slibstelsysteem en een nabezinking (www.schielandendekrimpenerwaard.nl). De

aanwezigheid van een rwzi in de buurt van pb Kralingen zou een besmettingsrisico kunnen zijn voor de reinwaterberging van pb Kralingen door micro-organismen.

Pb ligt Kralingen ligt in het Rijnmondgebied met grootschalige (petro)chemische industrie en procesindustrie. Vanwege de overwegend westenwind is pb Kralingen ongunstig gelegen ten opzichte van deze industrie, alhoewel de meeste grote industrieën op meer dan 10 kilometer westelijk van pb Kralingen afliggen. Zie voor een overzicht van de grootschalige industrie in het Rijnmondgebied het Hoofdstuk 5 over pb Berenplaat en Bijlage.



Figuur 8. Ligging van pb Kralingen lang de Nieuwe Maas (bron: route.anwb.nl).



Figuur 9. Rwzi Kralingseveer met de A16 en op de achtergrond pb Kralingen (bron: www.schielandendekrimpenerwaard.nl).

6.6 Rekenmethodes en gebruikte informatiebronnen

Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit en Luchtmeetnet DCMR

Een belangrijke informatiebron voor de luchtkwaliteit bij pb Kralingen is het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM en het luchtmeetnet van DCMR. Hiermee wordt de luchtkwaliteit

op leefniveau bepaald. De luchtmeetstations in de buurt van pb Kralingen zijn in Figuur 6 aangegeven. Als *worst case* scenario worden de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten gebruikt in de periode van 2003 tot en met 2008. Zie voor verder uitleg over het LML en het luchtmeetnet van DCMR Bijlage.

Risico's van nabijgelegen rwzi

Om de risico's van de aanwezigheid van rwzi Kralingseveer voor de drinkwaterkwaliteit van pb Kralingen in te schatten wordt gebruik gemaakt van eerder uitgevoerd onderzoek met betrekking tot vrijkomende micro-organismen en geur bij rwzi's (Dusseldorp en Morgenstern, 2007; Van der Woerd e.a., 1999; Medema e.a., 2002; Medema, 2004).

Worst case berekening voor luchtverontreinigende componenten in het water

In de reinwaterkelders van pb Kralingen is de lucht-waterverhouding circa 0,2, maar het contact tussen lucht en water is passief. Dit geldt ook voor ruimtes met de lamellenscheiders, dubbellaagsfilters en de middendrukkelder. Vermoedelijk is in deze ruimtes de lucht-waterverhouding nog kleiner dan 0,2, omdat er geen geforceerde beluchting en luchtverversing is.

Voor de berekening van de maximale concentraties van luchtverontreinigende stoffen in het reine water wordt uitgegaan van een lucht-waterverhouding van 0,2 en volledige overdracht van verontreinigingen van lucht naar water.

Voor het bepalen van de concentratie van luchtverontreinigende stoffen in de Biesbosch-bekken (60 ha) of het spaarbekken (4,4 ha) wordt als *worst case* benadering de aanname gedaan dat er een evenwicht heerst (Henry constante) tussen de gas- en waterfase boven de bekkens. Er is uitgegaan van 10 °C, een luchtdruk van 10⁵ Pa (1 bar) en een dichtheid van de lucht van 1,25 kg/m³. Dit is een *worst case* aanname, omdat de maximale concentraties waarmee in de risicoanalyse gewerkt wordt (uit het LML en van DCMR) slechts gedurende korte tijd (vaak minder dan een uur) optreden en het instellen van het evenwicht met het water in het bekken, zonder actieve uitwisseling, vermoedelijk veel langer duurt. Omdat het bekken een open systeem is, waarbij de lucht steeds ververst wordt, wordt de aanname gedaan dat de concentratie van een verontreiniging in de lucht niet afneemt als gevolg van stofoverdracht naar het water in het bekken. Als de (dimensieloze) Henrycoëfficiënt ($C_{\text{lucht}}/C_{\text{water}}$) kleiner is dan 1 wordt de concentratie in het water hoger dan in de lucht in een evenwichtssituatie. Een tweede manier waarop concentraties van enkele luchtverontreinigende stoffen in het water van het bekken worden bepaald is met behulp van de depositiegegevens van verzurende en vermestende stoffen.

6.7 Resultaten en discussie pb Kralingen

6.7.1 Depositie van verzurende en vermestende stoffen

In het milieucompendium (MNP, 2008) zijn de depositiekentallen van verzurende en vermestende stoffen per verzuringsgebied vermeld per jaar. Het betreft hier alleen SO_x, NO_x, NH_x en organische zuren/halogenzuren. Voor pb Kralingen is het gebied Zuid-Holland Zuid relevant. In Tabel 21 is de depositie weergegeven in het spaarbekken van pb Kralingen en de toename van de concentratie van de verzurende en vermestende stoffen die dit veroorzaakt (oppervlakte bekken = 4,37 ha, V = 80.000 m³). Voor de berekening van de concentratie in water is de aanname gemaakt dat SO_x voorkomt als sulfaat (SO₄²⁻, M = 96 g/mol), NO_x als nitraat (NO₃⁻, M = 62 g/mol) en NH_x als ammonium (NH₄⁺, M = 18 g/mol). Er bestaat een veelheid aan (vluchtige) organische zuren en de halogenzuren zijn HF (M = 20 g/mol), HCl (M = 36 g/mol), HBr (M = 81 g/mol), HI (M = 128 g/mol). Het is daarom niet duidelijk uit welke stoffen de depositie van organische en halogenzuren bestaat. Uit Tabel 21 blijkt dat door depositie van verzurende en vermestende stoffen de sulfaat-, nitraat- en ammoniumconcentraties in het ontvangstbekken met enkele milligrammen per liter stijgen. Dit is niet verontrustend voor de drinkwaterkwaliteit.

Tabel 21. Depositie van verzurende en vermistende stoffen in Zuid-Holland zuid (2008).

Stof	Depositie (mol ha ⁻¹ jaar ⁻¹)	Concentratie in water (µmol/l)	Concentratietoename in water (mg/l)*
SO _x	510	28	2,7
NO _x	730	40	2,5
NH _x	1248	68	1,2
Org. en halogeenzuren	70	3,8	0,49**

* uitgaande van SO₄²⁻, NO₃⁻ en NH₄⁺

** Indien de massa van HI wordt genomen (het zwaarste halogeenzuur).

Behalve in het kader van verzuringsonderzoek worden er geen routinematige depositiemetingen verricht. In Bijlage: zijn achtergrondwaarden weergegeven van depositie van andere componenten (stofgebonden elementen, PAK's en dioxinen). Deze zijn afgeleid uit gegevens van diverse binnen- en buitenlandse meetcampagnes en van referentiemetingen, die bij enkele branden zijn gedaan in bovenwinds gebied. De nauwkeurigheid waarmee een achtergronddepositie kan worden bepaald, hangt sterk af van het aantal beschikbare gegevens en de representativiteit daarvan. Voor de meeste componenten is het aantal gegevens zeer beperkt en kan alleen een indicatieve waarde worden bepaald (Mennen en Van Belle, 2007).

6.7.2 Jaargemiddelde concentraties luchtverontreiniging in de buurt van pb Kralingen

In Tabel 22 zijn de jaargemiddelde concentraties (2008) van verschillende luchtverontreinigende componenten weergegeven in het Rijnmondgebied (Snijder, 2008). Dit is gebaseerd op de meetstations Schiedam, Hoogvliet en Maassluis en geeft een beeld van de gemiddelde luchtkwaliteit bij pb Kralingen.

Tabel 22. Jaargemiddelde luchtconcentraties in 2008 in het Rijnmondgebied (bron: DCMR).

Stof	Concentratie (µg/m ³)
Benzeen	1,6
Fijnstof (PM10)	26
Fijnstof (PM2,5)	18
CO	200-300
CO 98-percentiel	500-700
Ozon	35-45
NO ₂	37
SO ₂	8
PAKs*	29 ng/m ³
Fluoride**	104 ng/m ³

* totaal van 16 verschillende PAKs

** de totale concentratie aan fluoride-bevattende componenten in lucht wordt bepaald met de zogenaamde kalkpapiermethode. Deze methode is geschikt om een indruk te krijgen van de concentratie. Omrekenen naar luchtconcentraties is indicatief. De relatie tussen de gehalten in kalkpapier en lucht is erg onzeker.

6.7.3 Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten

Om de worst case risico's van het gebruik van lucht in de zuivering van pb Kralingen vast te stellen zijn de hoogste concentraties van verontreinigende componenten geselecteerd in het Rijnmondgebied in de periode 2003 to en met 2008 (Tabel 23, kolom 2).

Tabel 23. Maximaal gemeten concentraties luchtverontreiniging in de buurt van pb Kralingen in de periode 2003 tot en met 2008 (bron: RIVM/DCMR) en berekende maximale concentraties in het water (zonder rekening te houden met luchtfiltratie).

Stof	Maximale concentratie lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meetstation	Soort gemiddelde	Jaar	Berekende maximale concentratie in ruwe water ($\mu\text{g}/\text{l}$)#	Berekende maximale concentratie in het reine water ($\mu\text{g}/\text{l}$)##
Fijnstof (PM10)	1075	Maassluis	Uur	2008	-	0,2
CO	7097	Statenweg, Rotterdam	Uur	2008	0,2	1,4
Ozon	289	Hoogvliet	Uur	2003	0,1	0,06
Ammoniak*	267	Zegveld - Oude Meije	Maand	2006	722	0,05
NO ₂	514	Botlek	Uur	2008	4,0	0,1
NO _x **	1917	Vlaardingen, Floreslaan	Uur	2003	-	0,4
SO ₂	345	Pernis	Uur	2003	17	0,07
Arseen	9,4 ng/m ³	Vlaardingen, Floreslaan	24-uur	2003	-	0,002 ng/l
Cadmium	182 ng/m ³	Vlaardingen	24-uur	2007	-	0,04 ng/l
Nikkel	30 ng/m ³	Vlaardingen	24-uur	2007	-	0,006 ng/l
Lood	533 ng/m ³	Rotterdam	24-uur	2003	-	0,1 ng/l
Zink	259 ng/m ³	Vlaardingen	24-uur	2003	-	0,05 ng/l
Fluorides****	130 ng/m ³	Vlaardingen	4-wekelijks	2008	-	0,03 ng/l
PAKs*****	111 ng/m ³	Rotterdam	1- of 2 wekelijks	2008	1,4 ng/l ###	0,02 ng/l
Benzo(a)pyreen	2,1 ng/m ³	Rijnmondgebied	24-uurs	2008	-	0,0004 ng/l
Benzeen	150	Hoogvliet	Uur	2003	1,2	0,03
Tolueen	146	Overschie	Uur	2008	1,0	0,03
VOS totaal***	357	Maassluis	24-uurs	2007	-	0,07

* niet in Rijnmondgebied, maar hoogste concentratie gemeten in Nederland

** het totale aantal deeltjes stikstofmonoxide en stikstofdioxide; voor de waterfase is uitgegaan van NO₂.

*** som van alkanen, aromaten, gechloroerde alkanen en gechloroerde aromaten.

**** totaal aan fluoride-bevattende componenten

***** totaal van 16 verschillende PAKs: Fenanthreen, Anthraceen, Fluoranteen, Chryseen, Benzo(a)anthraceen, Benzo(a)pyreen, Benzo(k)fluoranthreen, Indeno(1,2,3,cd)pyreen, Benzo(ghi)peryleen, Pyreen, Dibenz(ah)anthraceen, Benzo(b)fluoranthreen, Naftaleen, Acenaftyleen, Acenaftheen, Fluoreen.

concentratie in de Biesbosch-bekken en het spaarbekken berekend met behulp van Henry coëfficiënten bij 10 °C, uitgaande van een evenwichtssituatie tussen lucht en water. Omdat van deeltjes en zware metalen aan deeltjes geen Henry coëfficiënten bekend zijn, zijn deze concentraties niet op deze manier te berekenen.

berekend op basis van een lucht-waterverhouding van 0,2 en een volledige overdracht van lucht naar water.

Op basis van jaargemiddelde depositie.

De maximaal gemeten concentraties in de lucht uit Tabel 23 kunnen worden vergeleken met de EU-grenswaarden voor de luchtkwaliteit (Tabel 58, Bijlage:). De maximale uurgemiddelde concentraties SO₂ en CO in het Rijnmondgebied overschrijden niet de overeenkomstige EU-normen.

De maximaal gemeten uurgemiddelde NO₂-concentratie op meetstation Botlek in 2008 (514 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) overschrijdt wel de norm van 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het 99,9 percentiel is daar echter slechts 195 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dus de overschrijding vindt niet vaak plaats.

De hoogst gemeten uurgemiddelde ozonconcentratie in de periode 2003 tot en met 2008 (289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2003 in Hoogvliet) gaf ook een lichte overschrijding van de norm.

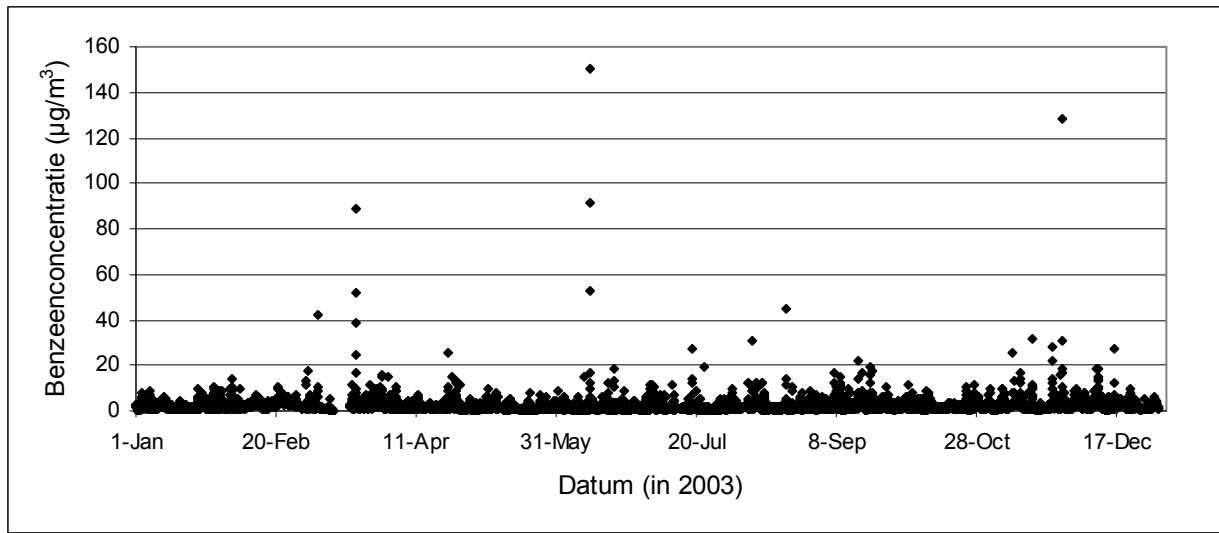
De maximale uurgemiddelde fijnstof concentratie was 1075 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, gemeten in Maassluis in 2008. Voor de fijnstof concentratie is er alleen een norm voor het jaargemiddelde (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hieraan wordt voldaan in het Rijnmondgebied (Tabel 22).

Zwarte rook is het fijnste deel van het fijnstof. Emissie van deze deeltjes, vooral roet, vindt voornamelijk plaats door wegverkeer (vrachtverkeer), scheepvaart en industrie, als gevolg van onvolledig verlopende verbrandingsprocessen. Aan de roetdeeltjes, grotendeels bestaande uit elementair koolstof, kunnen andere stoffen, waaronder polycyclische aromatische koolwaterstoffen, zijn geabsorbeerd. De hoogste

concentraties zwarte rook in 2007 in het Rijnmondgebied (24 uur gemiddelden) werden gemeten op verkeersbelaste luchtmeetstations in Vlaardingen (83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en Rotterdam (88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

De hoogste uurgemiddelde benzeenconcentratie in de beschouwde periode (2003-2008) is 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij Hoogvliet in 2003 op circa 5 kilometer afstand (Figuur 6) van pb Berenplaat. In Figuur 10 is te zien dat er op drie dagen in 2003 (20 maart, 12 juni, 27 november) pieken waren boven de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit zou het gevolg kunnen zijn van een calamiteit in de buurt, maar dat is niet uit de gegevens op te maken. Het 99,9 percentiel voor benzeen in het Rijnmondgebied in de beschouwde periode is circa 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De gemiddelde concentratie benzeen in 2003 bij Hoogvliet was 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en uit Tabel 22 blijkt dat de gemiddelde benzeenconcentratie in het Rijnmondgebied 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is. Dit voldoet aan de norm van 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 10. Uurgemiddelde benzeenconcentratie in 2003 langs "Leemkuil" (straatnaam) te Hoogvliet (bron: DCMR).

De hoogste uurgemiddelde toluleenconcentratie in de beschouwde periode (2003-2008) is 146 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij Overschie in 2008. Het 99,9 percentiel op die locatie in 2008 is echter slechts 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dus een concentratie boven de 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ komt maar zelden voor. De gemiddelde concentratie op die locatie in 2008 was 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De hoogste 24-uursgemiddelde concentratie arseen is 9,4 ng/m^3 en gemeten op de Floreslaan in Vlaardingen in 2003. De gemiddelde concentratie arseen in 2003 op die locatie was 1,2 ng/m^3 . Dit voldoet aan de norm van 6 ng/m^3 als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde concentratie cadmium is 182 ng/m^3 en gemeten in Vlaardingen in 2007. Het 98-percentiel op die locatie in dat jaar was 1,9 ng/m^3 en het gemiddelde was 2,6 ng/m^3 . Hieruit kan worden geconcludeerd dat er vermoedelijk op één dag in dat jaar een relatief hoge emissie was van cadmium. Deze hoge concentratie heeft als gevolg dat het gemiddelde hoger is dan het 98-percentiel. De gemiddelde concentratie cadmium in 2007 op die locatie voldoet aan de EU norm van 5 ng/m^3 als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde concentratie nikkel is 30 ng/m^3 en gemeten in Vlaardingen in 2007. De gemiddelde concentratie nikkel in 2007 op die locatie was 11,2 ng/m^3 . Dit voldoet aan de norm van 20 ng/m^3 als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde concentratie lood is 533 ng/m^3 en gemeten in Rotterdam in 2003. De gemiddelde concentratie lood in 2003 op die locatie was 19,3 ng/m^3 . Dit voldoet aan de norm van 500 ng/m^3 als jaargemiddelde.

Zestien verschillende PAKs worden in het Rijnmondgebied gemeten om de 1 of 2 weken. Tabel 24 geeft de jaargemiddelden in 2008. Voor benzo(a)pyreen is een richtwaarde opgesteld voor de jaargemiddelde

concentratie van 1 ng/m³. Uit Tabel 24 blijkt dat deze richtwaarde niet wordt overschreden. Voor de overige PAKs is er geen richtwaarde. De maximale totale hoeveelheid PAKs in 2008 was 111 ng/m³ (Tabel 23). Deze concentratie is berekend op basis van de maximale concentraties van de individuele PAKs. Uit de gegevens van DCMR (Snijder, 2008) wordt echter niet duidelijk of de maximale concentraties op dezelfde dag zijn gemeten. Het maximum kan dus ook lager zijn.

Tabel 24. Jaargemiddelden PAK in 2008 in de lucht van het Rijnmondgebied (ng/m³).

Component	Concentratie (ng/m ³)
Acenaftheen	0,91
Acenaftyleen	1,26
Anthraceen	0,29
Benzo(a)anthraceen	0,10
Benzo(a)pyreen	0,19
Benzo(b)fluorantheen	0,35
Benzo(ghi)peryleen	0,18
Benzo(k)fluorantheen	0,07
Chryseen	0,24
Dibenzo(ah)anthraceen	0,11
Fenanthreen	5,97
Fluoranteen	3,18
Fluoreen	7,46
Indeno(1,2,3,cd)pyreen	0,36
Naftaleen	7,46
Pyreen	1,14

6.7.4 Worst case concentraties in water

Op basis van de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten (Tabel 23, tweede kolom) zijn de concentraties in de waterfase berekend. De concentratie van gassen en vluchtige stoffen in het water van de Biesbosch-bekken en het spaarbekken is berekend met de Henry coëfficiënten (Bijlage:) van die verbindingen bij 10°C (, zesde kolom) en de concentratie in de reinwaterkelder (Tabel 23, zevende kolom) is berekend op basis van een lucht-waterverhouding van 0,2 en de aanname dat er een volledige overdracht is van de verontreinigingen van lucht naar water. Verder wordt er een vergelijking gemaakt met de concentratie van verzurende en vermestende stoffen in het spaarbekken op basis van de depositie in het bekken (Tabel 21).

Het is niet bekend hoeveel fijnstof in de Biesbosch-bekken en het spaarbekken terecht komt door overwaaiende verontreinigende lucht en depositie. Op basis van de maximale fijnstofconcentratie (deeltjes < 10 µm) in het Rijnmondgebied in de lucht in de periode van 2003 tot en met 2008 is een worst case concentratie berekend van 0,2 µg/l fijnstof in het reinwater als er geen luchtfilters zouden worden gebruikt. Aangezien de ademplucht van de reinwaterkelders wordt gefiltreerd met een absoluutfilter H11 zal de concentratie fijnstof nog enkele ordegrottes lager zijn.

Zwarte rook (roetdeeltjes) dat in maximale concentraties van circa 80 tot 90 µg/m³ aanwezig is in de lucht bij pb Kralingen, zal in het reine water geen hogere concentratie hebben dan 0,02 µg/l op basis van de ademplucht die de RWK binnenkomt zonder rekening te houden met luchtfiltratie. De roetdeeltjes bestaan grotendeels uit elementair koolstof en er kunnen PAKs en zware metalen aan gesorbeerd zijn. Met het H11 absoluutfilter wordt minstens 95% (Tabel 2) van de roetdeeltjes uit de lucht verwijderd.

Er zijn geen normen voor de hoeveelheid CO in drinkwater. De worst case berekening geeft een concentratie van 0,2 µg/l in de Biesbosch-bekken en het spaarbekken op basis van evenwicht tussen de gasfase en de waterfase. In de reinwaterkelder is op basis van volledige overdracht een CO-concentratie berekend van 1,4 µg/l, maar aangezien er hier geen actieve uitwisseling tussen lucht en water plaatsvindt, zal ook hier de CO-concentratie in het water niet hoger zijn dan 0,2 µg/l.

De gemiddelde consumptie van koud drinkwater in Nederland is 0,6 liter per persoon per dag (Foekema e.a., 2008). Mons e.a. (2007) vonden een dagelijkse variatie in de consumptie variërend van 0,10 tot 1,55 liter. Voor de worst case berekening wordt een waterconsumptie van 2 liter aangenomen. Via consumptie van drinkwater zou dus maximaal 0,4 µg CO per dag worden ingenomen.

De ademfrequentie van een gemiddeld gezond persoon in rust is circa 12 per minuut (Dennis e.a., 1984; Guyton en Hall, 2006). Het ingeademde volume is gemiddeld 500 ml gedurende een normale ademhaling (Guyton en Hall, 2006). Per dag ademt een gemiddeld gezond persoon daarom circa 9 m³ lucht in. Bij een maximale concentratie van 7097 µg/m³ die op de Statenweg in Rotterdam gemeten is zou een gemiddeld persoon 64 mg CO per dag binnenkrijgen. De hoeveelheid die via het drinkwater wordt ingenomen (0,4 µg) is daarom verwaarloosbaar ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

Ook voor de ozonconcentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid ozon die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd. Ozon dat onbedoeld via de lucht in het water van de zuivering wordt gebracht, zal vermoedelijk reageren met DOC of anorganische componenten oxideren.

Ammoniak wordt niet standaard gemeten in het Rijnmondgebied. De maximale concentratie van 267 µg/m³, die in Zegveld-Oude Meije gemeten is een overschatting van de werkelijk concentraties in de buurt van pb Kralingen. Omdat ammoniak goed oplost in water (hoge Henrycoëfficiënt, Bijlage:) zou bij evenwicht tussen lucht en water in de Biesbosch-bekken en het spaarbekken de ammoniakconcentratie hoger worden dan in de lucht tot een maximum van 722 µg/l.

Depositiegegevens van NH_x (Tabel 21) laten zien dat de ammoniumconcentratie in het spaarbekken als gevolg van depositie met maximaal 5 µg/l zal toenemen. De ademlucht in de reinwaterberging zou nog voor een extra toename van de ammoniakconcentratie in het water kunnen zorgen van maximaal 0,05 µg/l (Tabel 23).

Uit metingen van Evides zelf in 2008 en 2009 in het inkomende water (lage druk pompstation) blijkt dat de ammoniumconcentratie nooit hoger is dan 50 µg/l en in het uitgaande reine water (hoge druk pompstation) nooit hoger dan 45 µg/l. Hiermee wordt aan de norm van het Drinkwaterbesluit 2011 voldaan (200 µg/l) en hieruit blijkt ook dat de depositie van ammonium niet tot problemen leidt voor de drinkwaterkwaliteit.

De maximale hoeveelheid NO_x als deeltjes in de lucht in het Rijnmondgebied in de periode van 2003 tot en met 2008 is vastgesteld op 1917 µg/m³ op basis van uurgemiddelde metingen.

Omdat het deeltjesgebonden is, wordt de NO_x voor het grootste deel verwijderd op de plekken waar fijnstoffilters gebruikt worden.

Ook voor de NO_x-concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid NO_x die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

NO_x zou in het water kunnen oxideren tot nitraat. Uit de jaarlijkse depositie van NO_x volgt een gemiddelde toename van nitraat in het spaarbekken van 2,5 mg/l (Tabel 21).

De door Evides gemeten nitraatconcentratie in het reine water (hoge druk pompstation) varieert tussen 12 en 15 mg/l. De bijdrage vanuit de lucht is relatief klein. De drinkwaternorm voor nitraat uit het Drinkwaterbesluit 2011 is 50 mg/l. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid NO_x die vanuit de lucht in het water terecht komt voor de waterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

Ook voor de SO₂-concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid SO₂ die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

SO₂ zou in het water kunnen oxideren tot sulfaat. Uit de jaarlijkse depositie van SO_x volgt een gemiddelde toename van sulfaat in het spaarbekken van 2,7 mg/l (Tabel 21) indien al het SO₂ wordt geoxideerd tot sulfaat en het spaarbekken één keer per jaar wordt ververst.

De door Evides gemeten sulfaatconcentratie in het reine water (hoge druk pompstation) varieert tussen 46 en 66 mg/l. De bijdrage vanuit de lucht is daarom klein. De drinkwaternorm voor sulfaat uit het

Drinkwaterbesluit 2011 is 150 µg/l. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid SO₂ die vanuit de lucht in het water terecht komt voor de waterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

Metingen van Evides in het reine water laten zien dat de cadmiumconcentratie varieert van 0,005 tot 0,04 µg/l en lood meestal tussen 0,05 en 5 µg/l (in het water direct voor of na de Biesbosch-bekken). Dit voldoet aan het Drinkwaterbesluit 2011 (Tabel 1). De maximale verwachte concentraties van de zware metalen arseen, cadmium, nikkel, zink en lood in het reine water als gevolg van contact met ademlucht (Tabel 23) zijn meestal een ordegrrootte kleiner dan de werkelijk gemeten waarden in het reine water en leveren dus geen problemen op voor de drinkwaterkwaliteit. Indien de zware metalen aan deeltjes zijn gebonden, worden ze door het gebruikte H11 absoluutfilter uit de ademlucht verwijderd. Dit betekent dat de hoeveelheid zware metalen in de lucht voor de waterkwaliteit geen probleem oplevert.

Indien de benzeen- en toluenconcentratie boven het Biesbosch- of lokale spaarbekken gedurende langere tijd de maximale concentratie bereiken die in de periode van 2003 tot en met 2008 gedurende één uur gemeten is in het Rijnmondgebied, kan dit in theorie leiden tot concentraties van maximaal 1,0 µg/l toluen en 1,2 µg/l benzeen in de spaarbekken (zie Tabel 23). Dit is gebaseerd op een evenwichtssituatie tussen de lucht- en de waterfase met de Henryconstanten ($H = C_{\text{lucht}}/C_{\text{water}}$) bij 10°C (Bijlage:). De benzeenconcentratie in de waterfase is hoger dan de kwaliteitseis in het Drinkwaterbesluit van 1 µg/l voor monocyclische koolwaterstoffen/aromaten (totaal) (Tabel 1).

In de reinwater kelder is de maximaal mogelijke toename van benzeen en toluen als gevolg van contact met ademlucht 0,03 µg/l (Tabel 23).

De berekende worst case benzeen- en toluenconcentraties in het ruwe water zijn gebaseerd op eenmalige hoge uurwaarden in de lucht in het Rijnmondgebied (respectievelijk 150 µg/m³ en 146 µg/m³) waarvan het niet waarschijnlijk is dat ze (voor langere tijd) voorkomen bij pb Kralingen. Deze hoge concentraties zijn waarschijnlijk een gevolg van calamiteiten, maar dat is verder uit de cijfers uit het LML of DCMR-netwerk niet op te maken. Aangezien de verhoogde concentraties slechts gedurende korte periode in de lucht aanwezig zijn (de gegeven concentraties zijn alle uurgemiddelde concentraties) en een evenwichtstelling tussen de lucht en het grote ontvangtbekken vermoedelijk een proces is van meerdere dagen, omdat er geen actieve uitwisseling is tussen de lucht- en waterfase, is het zeer onwaarschijnlijk dat deze hoge concentraties benzeen in de spaarbekken bereikt worden.

In 2008 was het 99,9 percentiel voor de benzeenconcentratie in het Rijnmondgebied nooit hoger dan 40 µg/m³ en het 99,5 percentiel nooit hoger dan 20 µg/m³ (Snijder, 2009). De gemiddelde benzeenconcentratie in de lucht in het Rijnmondgebied is slechts 1,6 µg/m³ (Tabel 15). Op basis van deze gemiddelde benzeenconcentraties en uitgaande van evenwicht tussen de water- en de luchtfase wordt een benzeenconcentratie verwacht van circa 0,01 µg/l in het Biesbosch- of lokale spaarbekken. Voor toluen (methylbenzeen) geldt een zelfde redenering en een zelfde concentratieschatting.

Benzeen- en methylbenzeenconcentraties worden in het reine water van pb Kralingen vrijwel niet aangetroffen door Evides. In 2008 en 2009 waren er respectievelijk twee en vier metingen waarin ze werden aangetoond tot maximaal 0,06 µg/l. Dit is ruim onder de norm voor totaal aromaten in het Drinkwaterbesluit 2011. Het is niet duidelijk hoeveel hiervan van luchtverontreiniging afkomstig en hoeveel al aanwezig was in het ingenomen water. Andere vluchtige organische verbindingen (bijvoorbeeld xyleen, ethylbenzeen) zijn in lagere concentraties aanwezig in de lucht dan benzeen en toluen (Snijder, 2009) en leveren daarom minder risico op voor de waterkwaliteit.

PAKs zijn slecht oplosbaar in water en zullen in de lucht vooral deeltjesgebonden zijn waardoor het aanwezige absoluutfilter (H11) op de reinwaterkelder van pb Kralingen de PAKs voor het grootste deel uit de lucht naar de reinwaterkelder verwijdert. Maar ook zonder luchtfilter en bij volledige overdracht van lucht naar water, is de hoeveelheid PAKs die via de ademlucht in het reine water terecht komt verwaarloosbaar klein (Tabel 23). PAKs worden door Evides enkele keren per jaar in het reine water van pb Kralingen gemeten, maar deze zijn in 2008 en 2009 niet aangetoond.

Met behulp van de depositiegegevens van deeltjesgebonden PAKs (bijlage 0) kan een schatting gemaakt worden van de concentratie PAKs in het spaarbekken van pb Kralingen als gevolg van depositie. De jaarlijkse depositie van de PAKs is circa 2,5 µg/m². Als het spaarbekken (4,37 ha, 80.000 m³) een jaar niet

ververst wordt, zou de concentratie PAKs 1,4 ng/l bedragen. Dit geeft aan dat onder normale omstandigheden er geen problemen met PAKs zijn te verwachten in het ruwe water.

6.7.5 Verhoogde concentraties in de lucht door aanwezige industrie in de buurt van pb Kralingen

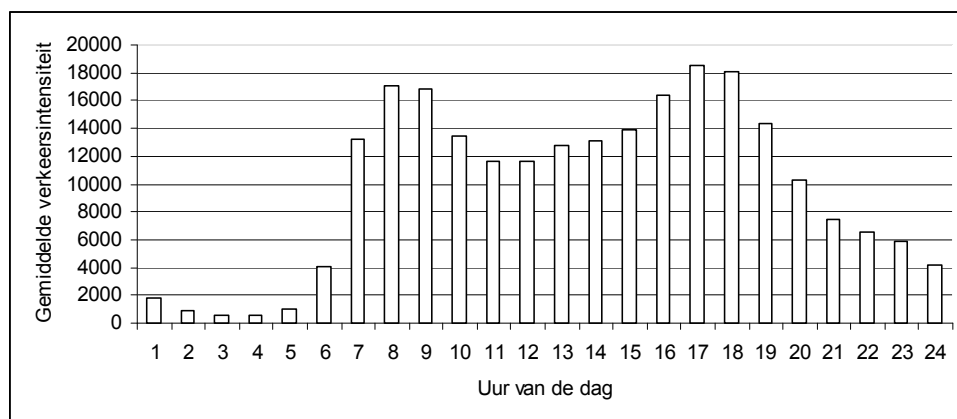
In Bijlage is een overzicht gegeven van de emissies naar de lucht van de grote bedrijven in het Rijnmondgebied in 2008. Hieruit blijkt dat Shell Nederland Raffinaderij (Vondelingenweg 601, 3196 KK Rotterdam) op circa 15 kilometer van pb Kralingen (Figuur 6) het bedrijf was met de hoogste emissies SO₂, NO_x, koolwaterstoffen (zonder methaan) en totaal stof in 2008 in het Rijnmondgebied. De ESSO-raffinaderij (Botlekweg 121-HAVENNR 4060, 3197 KA Botlek Rotterdam) op circa 20 kilometer van pb Kralingen was het bedrijf met de hoogste uitstoot aan carcinogene (kankerverwekkende) koolwaterstoffen in 2008 in het Rijnmondgebied (acrylonitril, benzeen, 1,2-dichloorethaan, epichloorhydrine, ethyleenoxide, propyleenoxide en vinylchloride). AVR Rijnmond (Brielselaan 175, Rotterdam) op circa 5 kilometer van pb Kralingen was in 2008 met 22 ton/jaar het bedrijf met de grootste uitstoot aan NH₃. In Tabel 18 van het hoofdstuk over pb Berenplaat is een overzicht gegevens van de uitstoot van deze drie bedrijven en van de totale uitstoot van de grote bedrijven in het Rijnmondgebied.

Met behulp van het (lange termijn gaussisch) pluimmodel zijn in hoofdstuk 5 de worst case immissieconcentraties berekend bij pb Berenplaat als gevolg van de uitstoot van de industrie (Tabel 19). Deze concentraties zijn lager dan de jaargemiddelde concentraties in het Rijnmondgebied (vergelijk fijnstof, NO_x, SO₂ in Tabel 15) ondanks dat van de meest ongunstige situatie is uitgegaan. De afstand tot de verontreinigingsbron is de meest kritische factor die de concentratie bepaalt bij het productiebedrijf. Aangezien de zware industrie op minimaal 5 kilometer afstand zit van pb Kralingen zijn de verontreinigingen sterk verdund bij pb Kralingen en zijn er geen risico's voor de drinkwaterkwaliteit te verwachten bij normale uitstoot. De gebruikte emissiecijfers zijn jaartotalen. Gedurende kortere periodes kan de uitstoot hoger zijn, maar op een afstand van minimaal 5 kilometer van de emissie is het onwaarschijnlijk dat de concentraties hoger zullen zijn dan de maximaal gemeten concentraties in het Rijnmondgebied, zoals weergegeven in Tabel 23.

6.7.6 Verhoogde concentraties in de lucht door emissie vanaf de A16

Productiebedrijf Kralingen ligt op minder dan 200 meter afstand van de snelweg A16. De verkeersintensiteit (aantal motorvoertuigen) was in 2010 235.000 per etmaal voor een gemiddelde werkdag ter hoogte van Rotterdam Kralingen (bron: persoonlijke communicatie met Rijkswaterstaat). In Figuur 11 is dit uitgesplitst per uur. Rijkswaterstaat verwacht dat in 2020 op dit wegvlak circa 278.000 motorvoertuigbewegingen per etmaal op een gemiddelde werkdag zullen plaatsvinden.

Voor een inschatting van de emissies vanaf de snelweg en de geschatte concentraties in de lucht bij pb Kralingen met behulp van het CAR-model wordt verwezen naar Hoofdstuk 4 over wpb Welschap. Hier is ook een schatting gemaakt van de concentraties in de lucht (NO₂, PM10, SO₂, benzeen, CO, benzo(a)pyreen) bij een verkeersintensiteit zoals langs pb Kralingen op een afstand van 50 meter tot de wegas (Tabel 7, scenario 4). Dit kan als worst case situatie worden beschouwd voor Nederland. Deze concentraties zijn nog altijd minimaal een factor 4 lager dan de hoogst gemeten luchtconcentraties gemeten in het LML waarmee eerder in dit hoofdstuk gerekend is (Tabel 23) en die in een worst case situatie nauwelijks tot geen risico geven voor de drinkwaterkwaliteit van pb Kralingen. Daarom wordt geconcludeerd dat de aanwezigheid van de A16 langs pb Kralingen geen risico oplevert voor de kwaliteit van het drinkwater.



Figuur 11. Verkeersintensiteit (motorvoertuigen) per uur op een gemiddelde werkdag op de A16 Rotterdam Centrum/Feijenoord in 2010 (bron: persoonlijke communicatie met Rijkswaterstaat).

6.7.7 Rwzi Kralingseveer

Pb Kralingen is circa 500 meter westelijk van rwzi Kralingseveer gelegen. De aanwezigheid van een rwzi in de buurt van pb Kralingen zou een besmettingsrisico kunnen zijn voor de reinwaterberging van pb Kralingen door micro-organismen of zou kunnen leiden tot stankoverlast bij pb Kralingen.

Om de risico's van de aanwezigheid van rwzi Kralingseveer voor de drinkwaterkwaliteit van pb Kralingen in te schatten wordt in deze paragraaf gebruik gemaakt van eerder uitgevoerd onderzoek met betrekking tot vrijkomende micro-organismen en geur bij rwzi's (Dusseldorp en Morgenstern, 2007; Van der Woerd e.a., 1999; Medema e.a., 2002; Medema, 2004).

Geur- en gezondheidsklachten

Na ingebruikname van de rwzi Harnaschpolder hadden omwonenden klachten over de geur en gezondheidsklachten. De voorbezinktanks werden verantwoordelijk gehouden voor de grootste immissieconcentratie bij de direct omwonenden. Het kan onder meer gaan om sulfide (H_2S) en andere vluchtige zwavelverbindingen (mercaptanen, disulfiden, thioethers), methaan (CH_4), en ammoniak (NH_3).

Bij de voorbezinktanks spelen met name de zwavelverbindingen een rol. Daarvan is H_2S , wat betreft potentiële gezondheidseffecten en geuroverlast, de meest relevante verbinding. De andere zwavelverbindingen komen in veel lagere concentraties voor. De overige gassen komen in andere (afgesloten) delen van de zuivering vrij en zijn niet of minder toxisch dan H_2S .

Er zijn H_2S -metingen gedaan boven het (open) midden van een voorbezinktank. De hoogste concentratie die daar werd gemeten was 511 mg/m^3 . Op basis van deze concentratie leveren Stacks-berekeningen voor de vier voorbezinktanks concentraties op tot gemiddeld een enkele $\mu\text{g/m}^3$ op leefniveau in de nabijgelegen woonwijk tot een incidentele piekwaarde van $90 \mu\text{g/m}^3$ op leefniveau. Deze concentratie overschrijdt niet de gezondheidskundige waarde die de WHO heeft vastgesteld als 'Air Quality Guideline' ($150 \mu\text{g/m}^3$) maar wel de geurdrempel ($10 \mu\text{g/m}^3$). Op grond van deze berekeningen is de geuroverlast verklaarbaar (Dusseldorp en Morgenstern, 2007).

Bij pb Kralingen zijn vrijwel nooit geurklachten geweest vanwege rwzi Kralingseveer. Een constante concentratie van $90 \mu\text{g/m}^3 H_2S$ in de lucht bij pb Kralingen zou volgens de Henry constante van $0,15 \text{ mol kg}^{-1} \text{ bar}^{-1}$ ($10 \text{ }^\circ\text{C}$) een evenwichtsconcentratie opleveren van $0,4 \mu\text{g/l } H_2S$ in het ruwe water. Als gevolg van oxidatie met opgelost zuurstof in het water zal dit wegreageren tot thiosulfaat. In de zuivering zelf zal dit proces zich verder voortzetten (als er al H_2S aanwezig is in het ruwe water) zodat in het geproduceerde reine water vermoedelijk nooit meetbare concentraties H_2S aanwezig zijn.

Aërosolen en micro-organismen

Van der Woerd e.a. (1999) onderzochten het besmettingsrisico van een reinwaterberging in de buurt van een RWZI. Tijdens het beluchttingsproces in de actief slibtank en tijdens de overstort naar de bezinktanks

worden aërosolen gevormd. Rioolwater bevat ziekteverwekkende micro-organismen die via aërosolen in de omgeving verspreid kunnen worden. De belangrijkste ziekteverwekkers die via het rioolwater kunnen worden verspreid, zijn virussen, bacteriën en parasieten die infecties van het spijsverteringskanaal veroorzaken. Zowel bacteriën als virussen zijn aangetroffen in de lucht boven en rondom beluchtingbassins. De concentraties (Tabel 25) zijn primair afhankelijk van de concentraties in rioolwater, het type beluchting en weersomstandigheden.

Tabel 25. Concentraties van micro-organismen in rioolwater en in de lucht op en rond een RWZI (Van der Woerd e.a., 1999).

	Concentratie in rioolwater (n/ml)	Concentratie in lucht op RWZI (n/m ³)	Concentratie in de lucht, benedenwinds RWZI (n/m ³)
Coli37	10 ⁴ - 10 ⁵	10 ⁰ - 10 ²	10 ⁰ - 10 ² (30 - 100 m)
Enterovirussen	10 ⁻¹ - 10 ¹	Geen gegevens	10 ⁻² - 10 ⁰ (2 - 50 m)
Colifagen	10 ¹ - 10 ³	Geen gegevens	10 ⁻¹ - 10 ⁰ (15 - 100 m)

Bij RWZI Nieuwveen is een locatiespecifiek onderzoek uitgevoerd naar de concentratie micro-organismen in een beluchtingsbassin en in de lucht erboven. Tabel 26 geeft de resultaten per deeltjesgrootte klasse. Het merendeel van de bacteriën van de coligroep bevindt zich in de grootste deeltjesklassen (> 7 µm). De gevonden concentraties in rioolwater en in de lucht boven het beluchtingsbassin liggen in dezelfde grootteorde als bij vergelijkbare actief slib installaties uit de literatuur (Tabel 27).

Tabel 26. Concentratie bacteriën in de lucht boven het actief slib bassin en in het water van het actief slib bassin van RWZI Nieuwveen (Van der Woerd e.a., 1999).

Deeltjesgrootte (µm)	KG22 (n/m ³)	Coli37 (n/m ³)	Coli44 (n/m ³)
> 11	530	16	5,3
7-11	390	2,6	1,3
4,7-7	630	3,0	1,8
3,3-4,7	670	1,5	1,0
2,1-3,3	180	1,5	1,2
1,1-2,1	71	1,0	1,0
0,65-1,1	42	1,0	1,0
0,43-0,65	110	1,0	1,0
Totaal	2623	23,4	7,2
Rioolwater	2,1 x 10 ¹²	2,1 x 10 ¹¹	9,2 x 10 ¹⁰

Tabel 27. Concentratie aëroob koloniegetal en bacteriën van de coligroep in rioolwater en in de lucht rond rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Referentie	Aëroob koloniegetal		Bacteriën van de coligroep	
	Rioolwater ($n \times 10^{12}/m^3$)	Lucht (n/m^3)	Rioolwater ($n \times 10^{11}/m^3$)	Lucht (n/m^3)
1		29-787		1-14
2	3-89	60-447	1,9-10	0,6-17
3	4,8		4,5	1,7-12,2
4	5,8	7100-29000	4,0	3,1-12,4
5		253-812		8-43
6	5,8-9,1	551	3,4-13	9
7		102-1325		0,34-6,8
8		970-2068		28-410
9	2,0-5,9	1530-3800	1,6-2,9	2,4-79,4

1 DWL projectgroep Aerosolen en effluentlozingsonderzoek Kralingen. Eindrapport. Drinkwaterleiding Rotterdam, 1979

2 Northrop R. et al., 1980. In: Pahren H., Jakubowski W. (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA, p. 180

3 Camann D. et al., 1980. In: Pahren H., Jakubowski W. (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA, p. 160

4 Johnson D., et al., 1980. In: Pahren H., Jakubowski W. (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA, p. 136

5 Clark C., et al., 1980. In: Pahren H., Jakubowski W. (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA, p. 239

6 Lue-Hing C., et al., 1980. In: Pahren H., Jakubowski W. (eds). Wastewater aerosols and disease. EPA 600/9 80 028, Cincinnati, USA, p. 302

7 Fannin K. et al., 1985. Appl. Environ. Microbiol. 49: 1191

8 Sawyer B. et al., 1993. Appl. Environ. Microbiol. 59: 3183

9 Van der Woerd et al., 1999. H₂O 14/15, p 26-29

Worst case risicoanalyse micro-organismen van RWZI in rein waterkelder

Om een indruk te krijgen van het maximale niveau van het besmettingsrisico is een worst case berekening uitgevoerd waarbij is uitgegaan van de onderstaande situatie.

- Aërosolvorming door RWZI Kralingseveer is vergelijkbaar met de installaties in de literatuur.
- de concentratie bacteriën van de coligroep en enterovirussen in de lucht rondom RWZI Kralingseveer is vergelijkbaar met die in de literatuur (C_{in}); voor rwzi Kralingseveer is dit een worst case benadering aangezien de beluchting overdekt is en in de studie van Van der Woerd e.a. (1999) werd uitgegaan van open beluchting;
- een lucht-waterverhouding (RQ) van 0,2 in de rein waterkelder van pb Kralingen (Tabel 20);
- elk deeltje in de lucht van de RWK komt in het drinkwater terecht
- er zijn geen luchtfilters geïnstalleerd

Kwaliteitseisen drinkwater

In 1998 waren maximaal toelaatbare concentraties berekend van 0,018 per liter voor bacteriën van de coligroep op basis van toelaatbare overschrijdingskansen (Van der Woerd e.a., 1999). De normwaarde voor geometrisch gemiddelde van KG22 in het voorzieningsgebied is $< 100/ml$. Een kwantitatieve eis voor enterovirussen in drinkwater is niet gegeven in het Drinkwaterbesluit of in de EU-richtlijn. In het Drinkwaterbesluit zijn wel maximaal toelaatbare waarden opgesteld voor virussen, op basis van een acceptabel infectierisico van 1 per 10.000 personen per jaar via drinkwater van $1,2 \times 10^{-6}$ per liter (1 per 833 m³).

Concentraties in reine water

Vergelijking van de *worst case* analyse (Tabel 28) en de kwaliteitseisen voor drinkwater geeft aan dat het water in de RWK van pb Kralingen zonder luchtbehandeling voldoet aan de kwaliteitseis voor het aëroob KG22 en de concentratie bacteriën van de coligroep.

Voor de enterovirussen ligt de berekende concentratie in drinkwater boven de kwaliteitseis uit het Drinkwaterbesluit. Er kan dus niet zonder meer van uit worden gegaan dat de situatie veilig is. Doordat rwzi Kralingseveer overdekt is, zal de emissie van bacteriën en virussen echter veel lager zijn dan bij niet overdekte beluchting. Gegevens hierover zijn niet bekend.

Verder wordt in de *worst case* berekening volgens Van der Woerdt e.a. (1999) nog geen rekening gehouden met verdunning door diffusie en dispersie (en afsterving) tijdens het transport van de aërosolen door de lucht van de rwzi naar het waterproductiebedrijf. De bacteriën en virussen werden direct naast de rwzi in de lucht gemeten (2-100 meter benedenwinds). Uit de verspreiding van de driftdruppeltjes met bestrijdingsmiddelen (hoofdstuk pb Nietap) en uit de verspreiding van Q-koorts (Sales Ortells en Medema, 2011) blijkt dat op een afstand van 500 meter van de bron de concentratie aërosolen met minimaal 2 tot 3 logeenheden is afgenomen in de lucht, afhankelijk van de heersende condities. Daarom valt er nauwelijks enig risico te verwachten voor de drinkwaterkwaliteit van pb Kralingen van de emissie van enterovirussen vanaf rwzi Kralingseveer.

Het aanwezige absoluutfilter H11 op de reinwaterkelder van pb Kralingen zal de micro-organismen bevattende aerosolen volledig tegenhouden. Luchtfilerleverancier McLeod Russel geeft de productbrochure aan dat het HEPA-filters H13 en H14 geschikt zijn voor de verwijdering van virussen uit lucht, maar geeft verder geen kwantitatieve data voor bijvoorbeeld het verwijderingsrendement.

Tabel 28. *Worst case* analyse van het besmettingsrisico van drinkwater door aërosolen voor pb Kralingen.

	Concentratie in de lucht, benedenwinds van RWZI (n/m ³)	Toename concentratie in reine water (n/m ³)	Norm (n/m ³)
Aëroob KG22	100-1000	20 - 200	< 10 ⁸
Coli37	1-100	0,2 - 20	< 18
Enterovirussen	0,01-1	2 × 10 ⁻³ - 0,2	< 1,2 × 10 ⁻³

6.8 Conclusies

- Bij oppervlaktewaterproductiebedrijf Kralingen wordt in het zuiveringsproces relatief weinig lucht gebruikt ten opzichte van grondwaterbedrijven en wordt minder intensief belucht. Het grootste risico van contaminatie via luchtverontreiniging wordt gelopen bij de Biesbosch-bekkens en het spaarbekken dat continu in contact staat met de buitenlucht.
- Metingen van gassen, VOS, fijnstof en zware metalen in de lucht in het Rijnmondgebied (landelijk meetnet en meetnet DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2008 en metingen van Evides zelf in het water geven aan dat verontreiniging van de Biesbosch-bekkens en het spaarbekken via de lucht en gebruik van lucht in de zuivering van pb Kralingen geen risico oplevert voor de waterkwaliteit.
- Voor fijnstof en zwarte rook zou gezien de concentraties in de lucht bij pb Kralingen strikt gezien geen luchtfiltratie nodig zijn als een concentratie roet van 0,02 µg/l in het drinkwater (verwacht zonder luchtfiltratie) geen probleem is voor de drinkwaterkwaliteit (zie ook Hoofdstuk 11 - Discussie). Fijnstof en roet worden met het H11 luchtfiler voor minimaal 95% verwijderd.
- Op basis van een vergelijkbare simulatie met het CAR-model bij wpb Welschap (hoofdstuk 4) geldt ook voor pb Kralingen dat de huidige en toekomstige luchtkwaliteit (komende 10 jaar) als gevolg van het wegverkeer over de A16, geen risico is voor de drinkwaterkwaliteit bij gebruik van lucht in de zuivering. In het model worden de componenten NO₂, SO₂, CO, benzeen, fijnstof en benzo(a)pyreen meegenomen. Het CAR-model geeft als output jaargemiddelde waarden en daarom is het beter om voor de *worst case* risico-evaluatie de hoogst gemeten concentraties uit het landelijk meetnet of meetnet van DCMR te gebruiken.
- Het absoluutfilter H11 op de reinwaterkelders is geschikt voor de verwijdering van tabaksrook, metallurgische rook, virussen op dragerdeeltjes met een typische deeltjesgrootte van rond de 10 nm. Grotere "deeltjes" als zeer fijnstof (PM_{2,5}), bacteriën en ziektekiemen worden hiermee ook verwijderd (zie ook Tabel 3, hoofdstuk 3). Gassen en vluchtige organische stoffen als benzeen en toluen worden niet tegengehouden door dit luchtfiler.
- Uit de *worst case* analyse volgt dat als gevolg van de nabijheid van rwzi Kralingseveer de waterkwaliteit zonder luchtzuivering voldoet aan de eisen voor het aëroob KG22 en de

concentratie bacteriën van de coligroep. Voor de enterovirussen ligt de berekende *worst case* concentratie in drinkwater boven de kwaliteitseis uit het Drinkwaterbesluit. Als echter rekening wordt gehouden met de afstand tussen de rwzi en pb Kralingen (circa 500 m) en het feit dat de beluchting op rwzi Kralingen overdekt is, wordt voor enterovirussen ook niet of nauwelijks risico verwacht voor de drinkwaterkwaliteit. Het aanwezige absoluutfilter H11 op de reinwaterkelder van pb Kralingen zal de micro-organismen bevattende aerosolen volledig tegenhouden, maar vermoedelijk niet volledig individuele virussen. Echter, ook zonder dit luchtfilter worden voor wat betreft de rwzi niet of nauwelijks risico's verwacht.

6.9 Aanbevelingen

- Er wordt aanbevolen om op de reinwaterkelders luchtfiltratie met een H11-luchtfilter te behouden om micro-organismen te verwijderen die mogelijk, maar niet waarschijnlijk, in verhoogde concentraties in de lucht aanwezig zijn vanwege aërolisatie op rwzi Kralingseveer.
- Voor de gebouwen van de lamellenscheiders/de vlokvorming, dubbellaagsfilters en de middendrukkelder wordt geen luchtfiltratie aanbevolen, aangezien het contact tussen de buitenlucht en het water nihil is.
- Gebruik van absoluutfilters die nucleaire fall-out volledig tegenhouden (H13) wordt niet aanbevolen voor pb Kralingen aangezien bij een nucleaire fall-out waarschijnlijk ook de bron (bekken) gecontamineerd is.

7 Risicoanalyse pb Nietap (Waterbedrijf Groningen): bestrijdingsmiddelen, Q-koorts en pathogenen uit intensieve landbouw

7.1 Samenvatting

Pb Nietap (Waterbedrijf Groningen) ligt op circa 10 km ten zuidwesten van de stad Groningen in een landelijk gebied met intensieve landbouw. Ammoniak, pathogene micro-organismen en bestrijdingsmiddelen in de lucht als gevolg van emissies vanuit de landbouw zijn een potentieel risico voor de drinkwaterkwaliteit bij gebruik van lucht op pb Nietap.

Het productieproces van pb Nietap bestaat uit cascadebeluchting, ontharding (deelstroom) en dubbellaagsfiltratie of voor- en nafiltratie. Lucht wordt gebruikt bij de cascade, tijdens filterspoelingen en als ademplucht in de reinwaterkelders.

De lucht voor de cascades wordt achtereenvolgens gefiltreerd met een grofstoffilter (G4) en een fijnstoffilter (F9). De blowers van de dubbellaagsfilters, voor- en nafiltratie hebben dezelfde filters. De ademplucht van de reinwaterkelders wordt gefiltreerd met een H13 absoluutfilter.

Voor pb Nietap wordt voor de bepaling van de worst case concentratie van luchtverontreinigende componenten in het water uitgegaan van een lucht-waterverhouding van 9 in de cascades en van volledige overdracht van componenten van lucht naar water.

Metingen van gassen en zware metalen in de lucht via het landelijk meetnet luchtverontreiniging in de regio van pb Nietap geven aan dat gebruik van lucht in de zuivering van pb Nietap, wat betreft deze componenten, geen risico oplevert voor de drinkwaterkwaliteit. De luchtkwaliteit voor deze componenten is beter dan in het stedelijk gebied. Emissies van het wegverkeer (NO_x, CO, fijnstof, SO₂, benzeen) vanaf de N273 waarlangs pb Nietap gelegen is, leveren eveneens geen risico op voor de drinkwaterkwaliteit.

Drijfmest moet sinds 2008 na toedienen direct ondergewerkt worden. Ten opzichte van het versproeien van drijfmest, zoals voor 2008 veel gebeurde, is de verspreiding van pathogenen tijdens de bemesting via de lucht daarom sterk verminderd. De emissiesnelheid van de pathogenen na bemesting van een landbouwperceel is de meest onzekere factor in de analyse. Met de huidige risicoanalyse is in een worst case situatie niet uit te sluiten dat pathogene micro-organismen als *Giardia* en *Cryptosporidium* na bemesting van landbouwgronden in de directe omgeving van een waterproductiebedrijf met intensieve beluchting een risico opleveren voor de drinkwaterkwaliteit. Ook emissies van enterobacteriën uit (mega)stallen kunnen de drinkwaterkwaliteit bedreigen als ze in de buurt staan (binnen een straal van enkele kilometers) van een drinkwaterproductiebedrijf waar water intensief belucht wordt. Gebruik van kalvermest geeft het grootste risico, omdat dit de meeste pathogenen bevat. De uitbraken van Q-koorts in 2009/2010 in de buurt van pb Nietap leverden een verwaarloos klein infectierisico op via de drinkwaterroute.

Tot nu toe zijn er bij pb Nietap geen problemen ondervonden met pathogene micro-organismen in het drinkwater. Dit kan mede het gevolg zijn van de gebruikte luchtfilters op de zuivering. Met het fijnstoffilter F9, dat de lucht naar de cascades filtreert, worden genoemde pathogenen gemiddeld met circa 95% verwijderd, en met het absoluutfilter H13 voor de ademplucht van de reinwaterkelders met minimaal 99,95%.

Er wordt geen risico verwacht van het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de buurt van pb Nietap voor de drinkwaterkwaliteit wat betreft de verspreidingsroute via lucht. Bij laag groeiende teelten zoals aardappelen, graan en bieten is de drift van bestrijdingsmiddelen en de concentratie in de lucht te laag om tot normoverschrijdingen in het drinkwater te leiden via de luchtroute. Een worst case analyse geeft aan dat een fruitteelt- of boomteeltbedrijf in de buurt (op een afstand van minder dan 200 meter) van een waterproductiebedrijf met intensieve beluchting wel tot een normoverschrijding voor bestrijdingsmiddelen zou kunnen leiden bij ongunstige windrichting en -kracht (8 m/s) of als met te

kleine druppeltjes wordt bespoten en als er verder geen driftreducerende maatregelen zijn getroffen, zoals emissieschermen. Spray drift in deze teelten is namelijk hoger dan bij lage teelten.

Er wordt aanbevolen de combinatie van G4 grofstoffilter gevolgd door een F9 fijnstoffilter te behouden voor de cascadebeluchting, de blowers van de dubbellaagsfilter, voorfilters en nafilts. Dit is een goede manier om potentieel verhoogde concentraties van Q-koortsbacteriën, (oö)cysten en enterobacteriën in de lucht te verlagen. Nader onderzoek naar de emissie van pathogenen uit de landbouw moet uitwijzen of het noodzakelijk is om absoluutfilters te plaatsen op alle plaatsen waar lucht wordt ingenomen (met name de cascade).

7.2 Inleiding

Het productiebedrijf (pb) Nietap (Waterbedrijf Groningen) is gelegen in Nietap aan de J.P. Santeeweg 112. De jaarproductie van dit grondwaterbedrijf is circa 11 miljoen m³ drinkwater en is bestemd voor klanten in Oost-Groningen en deels ook voor Drenthe. Pb Nietap ligt in het landelijk gebied op de rand van de provincies Groningen en Drenthe (Figuur 13) met intensieve landbouw in de buurt. Dit zou kunnen leiden tot een potentieel risico bij het gebruik van de lucht in de cascades, tijdens filterspoelingen en als ademlucht in de reinwaterkelders als de lucht in de omgeving bijvoorbeeld te hoge concentraties ammoniak, bacteriën of bestrijdingsmiddelen bevat. In dit hoofdstuk worden de risico's besproken van het gebruik van lucht voor de drinkwaterkwaliteit van pb Nietap.

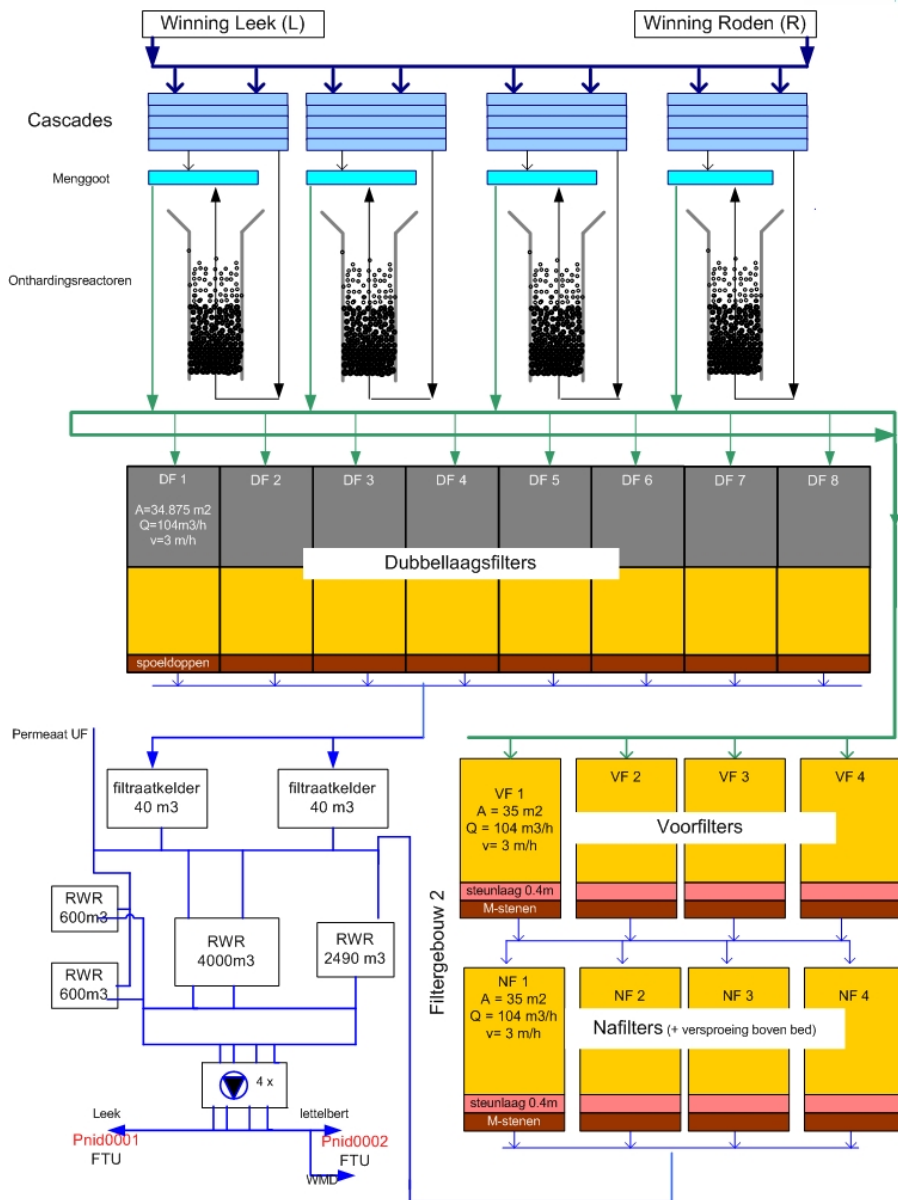
7.3 Zuiveringsproces pb Nietap

Het productieproces van pb Nietap (Figuur 12) bestaat uit:

- vier cascadebeluchters
- vier onthardingskorrelreactoren (2/3 door de reactoren)
- acht dubbellaagsfiltratie (antraciet + grind) in deelstroom → reinwaterkelder
- vier voorfilters (grind)/vier nafiltratie (grind) in deelstroom → reinwaterkelder

- Het spoelwater van de verschillende filtratiestappen wordt door middel van ultrafiltratie (UF) behandeld. Het permeaat gaat naar de reinwaterkelder en het concentraat wordt afgevoerd naar de spoelwatervijver.

Pompstation Nietap



Figuur 12. Zuiveringsschema van productiebedrijf Nietap.

7.4 Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen

Via een ventilator komt de lucht het cascadegebouw in. De lucht voor de cascades wordt achtereenvolgens gefiltreerd met een grofstoffilter, klasse G4 (Novatex SK - 30 - 66 / 350 F) en een fijnstoffilter, klasse F9 (Compatex FP - F9 - 610 - SB, F9 EN 779). Daarna gaat de lucht door een droger (Munters MLT43). Het contact tussen lucht en water in de cascades is intensief als gevolg van vijf keer een valhoogte van 1 meter per cascade.

Spoellucht voor de dubbellaagsfilters en voor de voor- en nafilters wordt via blowers aangevoerd. De dubbellaagsfilters worden meestal alleen met water, maar soms ook met lucht gespoeld. Voor ieder filter wordt de waterspoeling automatisch na 5000 m³ gefiltreerd volume (gemiddeld na circa 48 uur) uitgevoerd. De luchtspoeling gebeurt handmatig en slechts één keer per maand per filter. De 5 m³ spoellucht (5 minuten x 60 m³/uur) komt in contact met het water in het dubbellaagsfilter. Dit is in totaal

38 m³ (in het filter en de bovenwaterstand). Dit water wordt met de 156 m³ water van de navolgende waterspoeling (Tabel 29) naar de spoelwaterinstallatie afgevoerd.

Tabel 29. Spoelprogramma van de dubbellaagsfilters.

Actie	Dubbellaagsfilter 1 t/m 8			
	Waterspoeling	Luchtspoeling	Waterspoeling	Totaal
Tijd [min]	2	5	11,7	13,7
Debiet [m ³ /h]	200	60	800	-
Snelheid [m/h]	5,7	-	20,1	-
Spoelwaterverbruik [m ³]	6,7	-	156	162,7

De voorfilters en nafilts hebben hetzelfde spoelprogramma. Dit bestaat achtereenvolgens uit een waterspoeling, een lucht-waterspoeling en een waterspoeling (Tabel 30). Voorfilters worden één keer per 24 uur teruggespoeld en nafilts één keer per 150 uur (per filter). Tijdens de lucht-waterspoeling is de lucht-waterverhouding 1,5. Het spoelwater wordt afgevoerd naar de spoelwaterbehandeling.

Tabel 30. Spoelprogramma van de voor- en nafilts.

Actie	Voorfilter en nafilts 1 t/m 4			
	Waterspoeling	Water+Luchtspoeling	Waterspoeling	Totaal
Tijd [min]	2	6	6	14
Debiet [m ³ /h]	500	600 / 900	800	-
Snelheid [m/h]	17,1	17,1 / 25,7	22,9	-
Spoelwaterverbruik [m ³]	16,7	60	80	156,7

De blowers van de dubbellaagsfilters, voor- en nafilts hebben dezelfde filters als de cascadebeluchting. De spoellucht voor de UF wordt geregenereerd in een compressor. Deze lucht wordt vooraf behandeld met luchtfilter van een onbekend type. De UF wordt circa elke 75 minuten gespoeld. Het spoelprogramma bestaat uit vijf fasen van 20 seconden. Alleen in fase 3 wordt lucht gebruikt (circa 2 m³). Dit komt gedurende 20 seconden in contact met circa 0,67 m³ water (RQ = 3). Dit spoelwater wordt afgevoerd naar de spoelwatervijver.

De ademlucht komt via een natuurlijke trek de reinwaterreservoirs in. Er zijn in totaal vier reinwaterreservoirs met waterbergingsvolumes van 4000 m³, 2490 m³ en twee maal 600 m³. In totaal zijn er vijf luchtinlaat- en -uitlaatpunten. Op elke punt wordt de lucht gefilterd met een absoluutfilter, klasse H13 (type JKS). Als worst case wordt uitgegaan van een dagelijkse peilvariatie van de reinwaterkelders tussen de 10% en 90%. Tabel 31 geeft een overzicht van de water- en luchtdebieten op pb Nietap. De dagelijkse luchtdebieten voor de reinwaterkelders in Tabel 31 zijn gebaseerd op 80% (90% - 10%) van het totale bergingsvolume van de kelders.

Tabel 31. Geschatte water- en luchtdebieten op pb Nietap.

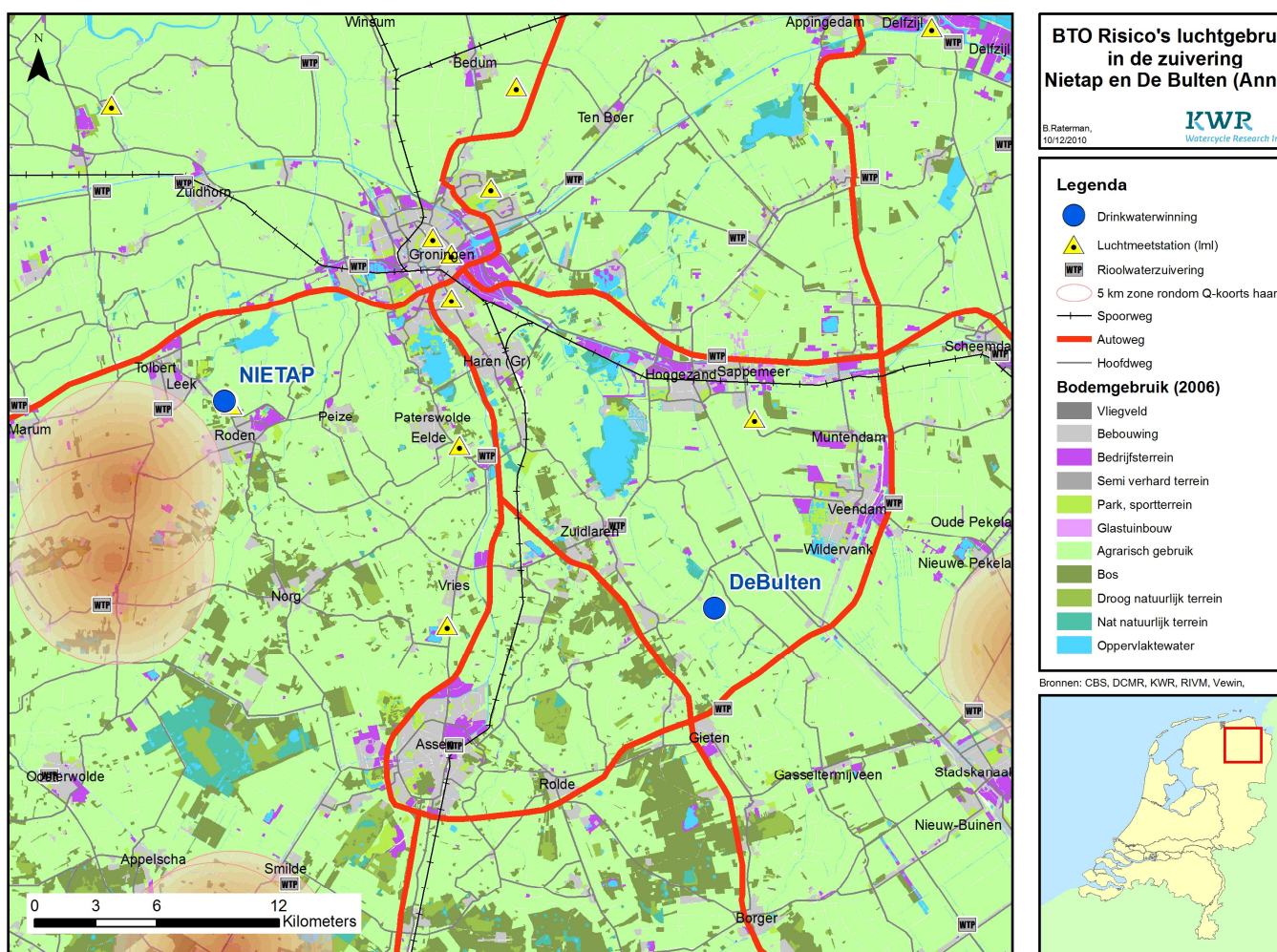
Proces	Debieten luchtstromen	Waterdebieten (m ³ /uur)	Verhouding lucht-water, RQ	Luchtgebruik continu of met intervallen?	Contact met lucht
cascadebeluchting	96,5 x 10 ⁶ m ³ /jaar	11 x 10 ⁶ m ³ /jaar	9	Continu	Actief
Spoellucht dlf	60 m ³ /uur* 5 m ³ /spoeling Totaal 480 m ³ /jaar	V _{water} dlf = 38 m ³	0,13	1 x per maand	Actief
Spoellucht VF en NF	900 m ³ /uur* 136.500 m ³ /jaar	600 m ³ /uur*	1,5	1 x per 24 uur (VF) 1 x per 150 uur (NF)	Actief
Spoellucht UF	2 m ³ /spoeling (~3000 m ³ /jaar)	0,67 m ³ /spoeling lucht-water	3	1 x per 75 minuten	Actief
RWK's	~ 6200 m ³ /dag	~ 30.000 m ³ /dag	0,2	Continu	Passief: grensvlak- uitwisseling

* tijdens spoeling

7.5 Omgeving en luchtverontreiniging

Pb Nietap is gelegen in Nietap aan de J.P. Santeeweg 112 (N273). Het ligt op ongeveer 100 meter van de weg af en de verkeersintensiteit is circa 10.000 voertuigen per dag. Pb Nietap ligt in het landelijk gebied, net over de grens van de provincie Groningen, in de provincie Drenthe (Figuur 13) met veel intensieve landbouw in de buurt. Welke gewassen op een perceel worden verbouwd wisselt van jaar tot jaar, maar de verhouding tussen akkerland en grasland is redelijk stabiel, namelijk 4:5. Veel voorkomende akkerbouwgewassen zijn aardappels, bieten en graan.

De intensieve landbouw in de buurt van pb Nietap zou kunnen leiden tot verhoogde concentraties in de lucht van bijvoorbeeld ammoniak, bestrijdingsmiddelen of micro-organismen uit de mest. Dit is een potentieel risico voor de drinkwaterkwaliteit. Pb Nietap lag in 2009 op 6,5 kilometer afstand van de dichtstbijzijnde Q-koortshaard (gegevens uit december 2009).



Figuur 13. De ligging van pb Nietap (Waterbedrijf Groningen) en pb Annen/De Bulten (WMD) in het landelijk gebied.

7.6 Methode en gebruikte informatiebronnen

Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit

Een belangrijke informatiebron voor de luchtkwaliteit in de buurt van pb Nietap is het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM. Hiermee wordt de luchtkwaliteit op leefniveau bepaald. De luchtmeetstations in de regio van pb Nietap zijn in Figuur 13 aangegeven. Als *worst case* scenario worden de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten gebruikt in de periode van 2003 tot en met 2007. Zie voor meer informatie over deze werkwijze hoofdstuk 2 en voor meer informatie over het LML Bijlage.

Bestrijdingsmiddelen

De aanpak van de risicoanalyse voor bestrijdingsmiddelen is beschreven in Bijlage.

Mest/Pathogenen

De aanpak van de risicoanalyse van pathogenen als gevolg van bemesting van landbouwgrond en emissie uit een stal is beschreven in Bijlage.

Lighthart's model voor de berekening van de concentratie micro-organismen in de lucht

In Bijlage is Lighthart's model beschreven voor de berekening van de concentratie micro-organismen (Q-koofts, pathogenen) in de lucht.

Worst case berekening voor luchtverontreinigende componenten in het water

Als worst case benadering wordt aangenomen dat de verontreinigende componenten in de ingenomen lucht bij het waterproductiebedrijf volledig in het water terecht komen bij processen met intensief contact. Voor pb Nietap wordt voor de bepaling van de worst case concentratie van luchtverontreinigende componenten in het water uitgegaan van de lucht-waterverhouding van 9 in de cascades. Zie hoofdstuk 2 voor meer informatie over deze aanpak.

7.7 Resultaten en discussie pb Nietap

7.7.1 Jaargemiddelde concentraties van luchtverontreinigende componenten in de buurt van pb Nietap

Op de website van het Planbureau voor de Leefomgeving (<http://geoservice.pbl.nl/website/gcn>) wordt via een digitale kaart van Nederland de concentratie weergegeven van enkele luchtverontreinigende componenten. In Tabel 32 zijn de jaargemiddelde concentraties in 2009 weergegeven in de buurt van pb Nietap. Dit geeft een goed beeld van de gemiddelde luchtkwaliteit bij pb Nietap. Omdat pb Nietap in het landelijk gebied ligt, zijn de concentraties wat lager dan bij pb Kralingen, pb Berenplaat, wpb Welschap en OPB De Beitel, waarvoor ook risicoanalyses is uitgevoerd.

Tabel 32. Jaargemiddelde concentraties in 2009 van enkele verontreinigingen in de lucht in de buurt van pb Nietap (Bron: Planbureau voor de Leefomgeving).

Stof	Concentratie bij pb Nietap ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benzeen	0,5-1,0
Fijnstof (PM10)	22 - 24
Fijnstof (PM2,5)	12-14
CO	200-250
CO 98-percentiel	400 - 500
Ozon	35-40
NO ₂	10-20
SO ₂	< 1

7.7.2 Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten

Om de risico's van het gebruik van lucht in de zuivering vast te stellen is het ook nodig om naar de hoogst gemeten concentraties te kijken. Voor pb Nietap zijn de hoogst gemeten waardes gebruikt van luchtverontreinigende componenten in de periode van 2003 tot en met 2007 van de meetstations in de buurt. Aangezien pb Nietap landelijk gelegen is, zijn er niet zoveel meetstations in de buurt als bij grote steden. Indien bepaalde componenten niet gemeten worden op de dichtstbijzijnde meetstations is als worst case de hoogste concentratie in Nederland gebruikt, gemeten op een ander meetstation van het LML (Tabel 33).

Tabel 33. Maximaal gemeten concentraties luchtverontreiniging in de buurt van pb Nietap in de periode 2003 tot en met 2007 (bron: RIVM) en berekende maximale concentraties in het water op basis van volledige overdracht van lucht naar water in de cascade met een lucht-waterverhouding van 9.

Stof	Maximale concentratie lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meetstation	Soort gemiddelde	Jaar	Berekende maximale concentratie in water ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Fijnstof (PM10)	133	Europaweg - Groningen	24-uurs	2007	1,2
CO	1300	Kollumerwaard	Uur	2003	12
Ozon	240	Valthermond - Drenthe	Uur	2003	2,2
Ammoniak	77	Valthermond - Drenthe	Uur	2006	0,7
NO ₂	186	Europaweg - Groningen	Uur	2003	1,7
NO _x *	1491	Europaweg - Groningen	Uur	2003	13
SO ₂	20	Kollumerwaard	Uur	2006	0,2
Arseen (ng/m^3)	7,6 ng/m^3	Kollumerwaard	24-uurs	2003	0,07 ng/m^3
Cadmium	1,6 ng/m^3	Kollumerwaard	24-uurs	2003	0,01 ng/m^3
Nikkel	6,6 ng/m^3	Kollumerwaard	24-uurs	2007	0,06 ng/m^3
Lood	52 ng/m^3	Kollumerwaard	24-uurs	2003	0,5 ng/m^3
Zink	144 ng/m^3	Kollumerwaard	24-uurs	2006	1,3 ng/m^3
Benzeen	2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kollumerwaard	Week	2003	0,03 ng/m^3
VOS totaal**	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kollumerwaard	Week	2003	0,1 ng/m^3

* het totale aantal deeltjes stikstofmonoxide en stikstofdioxide

** som van alkanen, aromaten, gechlloreerde alkanen en gechlloreerde aromaten.

De maximaal gemeten concentraties in de lucht uit Tabel 33 kunnen worden vergeleken met de EU-grenswaardes voor de luchtkwaliteit (Tabel 58). De maximale uurgemiddelde concentraties SO₂, NO₂, ozon en CO in de buurt van pb Nietap overschrijden niet de overeenkomstige EU-normen.

De maximale fijnstof concentratie, 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op Europaweg in Groningen in 2007, overschrijdt wel de norm voor de gemiddelde fijnstof concentratie. De gemiddelde concentratie PM10 in de buurt van pb Nietap is echter 22-24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wat voldoet aan de norm.

Benzeen wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations in Nederland gemeten. Meetstation Kollumerwaard (Friesland) is de dichtstbijzijnde. De hoogste weekgemiddelde waarde bij Kollumerwaard was 2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in de periode van 2003 tot en met 2007 en de gemiddelde concentratie in de buurt van pb Nietap is 0,5 - 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit voldoet aan de norm van 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ook zware metalen worden op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten, waaronder op meetstation Kollumerwaard. Concentraties worden gerapporteerd als 24-uurs gemiddelden.

De hoogste 24-uursgemiddelde waarde voor arseen bij Kollumerwaard is 7,6 ng/m^3 in de periode van 2003 tot en met 2007. De gemiddelde concentratie arseen in 2003 op die locatie was 0,7 ng/m^3 . Dit voldoet aan de norm van 6 ng/m^3 als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde waarde voor cadmium bij Kollumerwaard is 1,6 ng/m³ in de periode van 2003 tot en met 2007. De gemiddelde concentratie cadmium in 2003 op die locatie was 0,2 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 5 ng/m³ als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde waarde voor nikkel bij Kollumerwaard is 6,6 ng/m³ in de periode van 2003 tot en met 2007. De gemiddelde concentratie cadmium in 2007 op die locatie was 1,5 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 20 ng/m³ als jaargemiddelde.

De hoogste 24-uursgemiddelde waarde voor lood bij Kollumerwaard is 52 ng/m³ in de periode van 2003 tot en met 2007. De gemiddelde concentratie lood in 2003 op die locatie was 8,3 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 500 ng/m³ als jaargemiddelde.

7.7.3 Worst case concentraties chemische verontreinigingen in water

Op basis van de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten, de maximale lucht-waterverhouding in de cascade (9) en de aanname dat alle verontreinigingen uit de lucht in het water terecht komen, is een worst case concentratie uitgerekend voor de luchtverontreinigende componenten in de waterfase (laatste kolom Tabel 33).

De worst case berekening laat zien dat er niet meer dan 1,2 µg/L aan fijnstof (deeltjes < 10 µm) in het water na cascade terecht komt als er geen luchtfilters geplaatst zouden zijn. De proceslucht wordt echter gefiltreerd door achtereenvolgens een grofstoffilter G4 en een fijnstoffilter F9. Het fijnstoffilter F9 vangt vrijwel al het fijnstof af (Tabel 2). Door deze dubbele luchtfiltratiestap zal bij een goede werking van de filters de hoeveelheid fijnstof in het water na de cascades als gevolg van het gebruik van lucht verwaarloosbaar klein zijn.

Er zijn geen normen voor de hoeveelheid CO in drinkwater. De worst case berekening geeft een concentratie van 12 µg/l in het drinkwater bij een concentratie in de lucht van 1300 µg/m³. De gemiddelde consumptie van koud drinkwater in Nederland is 0,6 liter per persoon per dag (Foekema e.a., 2008). Mons e.a. (2007) vonden een dagelijkse variatie in de consumptie variërend van 0,10 tot 1,55 liter. Voor de worst case berekening wordt een waterconsumptie van 2 liter aangenomen. Via consumptie van drinkwater zou dus maximaal 24 µg CO per dag worden ingenomen. Hierbij moet nog worden opgemerkt dat CO dat in de waterfase wordt gebracht uiteindelijk richting een evenwichtssituatie zal gaan met de luchtfase, bijvoorbeeld bij verblijf in de reinwaterkelders. Aangezien CO slecht oplost in water (zie Bijlage:, Henrycoëfficiënten), zal het grootste deel weer in de luchtfase eindigen voordat het drinkwater het leidingnet ingaat.

De ademfrequentie van een gemiddeld gezond persoon in rust is circa 12 per minuut (Dennis e.a., 1984; Guyton en Hall, 2006). Het ingeademde volume is gemiddeld 500 ml gedurende een normale ademhaling (Guyton en Hall, 2006). Per dag ademt een gemiddeld gezond persoon daarom circa 9 m³ lucht in. Bij een maximale concentratie van 1300 µg/m³ die in Kollumerwaard gemeten is, zou een gemiddeld persoon 12 mg CO per dag binnenkrijgen. De hoeveelheid die via het drinkwater wordt ingenomen (24 µg) is dus verwaarloosbaar ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

Ook voor de ozonconcentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid ozon die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd. Ozon dat onbedoeld via de lucht in het water van de zuivering wordt gebracht, zal vermoedelijk reageren met DOC of anorganische componenten oxideren.

Ammoniak kan in het landelijk gebied in verhoogde concentraties voorkomen in de lucht als gevolg van uitstoot vanuit de landbouw. De maximale concentratie van 77 µg/m³, die in Valthermond (Drenthe) gemeten is, leidt tot een concentratie van maximaal 0,7 µg/l in het water na de cascade van pb Nietap. Ter vergelijking: in 2010 bevatte het ruwwater van pb Nietap gemiddeld 200 µg/l ammonium en het

reine water minder dan 50 µg/l. De norm in het Drinkwaterbesluit is 200 µg/l (Tabel 1) en de bijdrage van ammoniak uit de lucht aan de totale concentratie ammoniak in het reine water is dan verwaarloosbaar.

De maximale hoeveelheid NO_x als deeltjes in de lucht in de buurt van pb Nietap is 1491 µg/m³. Omdat het deeltjes zijn, worden deze vermoedelijk volledig door de dubbele luchtfiltratiestap verwijderd, alhoewel er in het jaaroverzicht van de luchtkwaliteit van Nederland door het RIVM (Beijk e.a., 2008) niet wordt vermeld hoe groot deze deeltjes zijn.

Ook voor de NO_x-concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid NO_x die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

NO_x zou in het water kunnen oxideren tot nitraat. Indien wordt uitgegaan van een maximum van 13 µg/l NO₂ per liter (Tabel 46) dan wordt de maximale hoeveelheid nitraat in het water 17 µg nitraat per liter (de massaverhouding is 62/46). De nitraatconcentratie in het ruwe en reine water was gemiddeld in 2010 kleiner dan 500 µg/l. De drinkwaternorm voor nitraat uit het WLB is 50 mg/l. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid NO₂ in de lucht voor de waterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

Ook voor de SO₂-concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid SO₂ die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

SO₂ zou in het water kunnen oxideren tot sulfaat. Indien al het SO₂ (0,2 µg/l) wordt geoxideerd tot sulfaat wordt er 0,3 µg/l sulfaat geproduceerd (de massaverhouding is 96/64). De sulfaatconcentratie in het ruwe water was in 2010 gemiddeld 3,3 mg/l en in het reine water 4,4 mg/l. De bijdrage van sulfaat in het water via de lucht is daarom verwaarloosbaar. De drinkwaternorm voor sulfaat uit het WLB is 150 mg/l.

De maximale concentraties van de zware metalen arseen, cadmium, nikkel, zink en lood in het drinkwater als gevolg van luchtgebruik in de zuivering van pb Nietap (Tabel 33) voldoen ruimschoots aan het Drinkwaterbesluit van 2011.

De daadwerkelijk gemeten concentraties in het reine water voldoen hier ook ruimschoots aan: arseen < 1 µg/l, cadmium < 0,1 µg/l, nikkel < 1 µg/l, zink < 10 µg/l en lood < 1 µg/l.

Tevens geldt dat de hoeveelheid zware metalen die via het drinkwater door een persoon wordt ingenomen, als gevolg van gebruik van lucht in de zuivering, verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd. Dit betekent dat de hoeveelheid zware metalen in de lucht voor de waterkwaliteit geen probleem oplevert.

De berekende worst case concentraties van benzeen en totaal VOS in het water na de cascade van pb Nietap zijn respectievelijk 0,03 ng/l en 0,1 ng/l (Tabel 33). Deze concentraties zijn gebaseerd op de hoogste weekgemiddelde concentraties in de lucht van meetstation Kollumerwaard van 2003 tot en met 2007. De concentratie in het water ligt ruim onder de kwaliteitseis in het Drinkwaterbesluit van 1 µg/l.

Voor opname van stoffen uit de buitenlucht door drinkwater gelden in het geheel geen wettelijke normen. Uit bovenstaande volgt dat de inname via drinkwater verwaarloosbaar is ten opzichte van inhalatie, alhoewel beide innameroutes een andere dosis-respons relatie hebben. Ook blijven de concentraties van de verontreinigingen in de meest ongunstige gevallen nog onder de norm van het drinkwaterbesluit. Doordat pb Nietap in de landelijk gebied gelegen is, zijn de concentraties van de meeste chemische luchtverontreinigende componenten lager dan in de buurt van grote steden of zware industrie en levert het gebruik van lucht in de zuivering wat betreft deze componenten ook minder risico op.

7.7.4 Bestrijdingsmiddelen

Inleiding

Voor pb Nietap wordt aangenomen dat het landbouwareaal bestaat uit circa 55% grasland en de overige 45% vooral uit akkerbouw met veelvoorkomende gewassen als aardappels, bieten en graan. Voor deze gewassen zijn een veelheid aan bestrijdingsmiddelen in gebruik tegen onder andere nematoden (aaltjes, wormen), bladluizen, loofvernietiging, schimmels (fungiciden), onkruid (herbiciden) en bladziekten.

Voor een schatting van de bestrijdingsmiddelenconcentratie in de lucht bij het landbouwperceel als gevolg van spray drift zijn gegevens nodig over het type bestrijdingsmiddel per gewas, frequentie van toediening, de dosering (kg/ha), en het percentage spraydrift na toediening.

Van de verschillende typen bestrijdingsmiddelen worden de fungiciden (tegen schimmels) het frequentst ingezet, soms preventief, al voordat een schimmel zich aandient. De intervallen tussen de doseringen kunnen kort zijn: van 5 tot 7 dagen, vooral in de zomer. Een bespuiting met een fungicide in hoge doseringen op grond met jonge planten kan daarom als worst case situatie worden gezien wat betreft de hoeveelheid spray drift (Leistra e.a., 2001).

In deze paragraaf wordt voor enkele veelgebruikte bestrijdingsmiddelen voor aardappels, bieten en graan een schatting gemaakt van de concentratie bestrijdingsmiddel in de lucht na toediening als gevolg van directe spray drift. Dit wordt vergeleken met literatuurgegevens van concentraties van bestrijdingsmiddelen in de lucht. Daarnaast wordt als worst case situatie de spray drift van bestrijdingsmiddelen bij de fruitteelt beschouwd, die hoger is dan bij laaggroeiende gewassen.

Om concentraties van bestrijdingsmiddelen in de lucht te schatten als functie van de afstand tot het landbouwperceel wordt een gemodificeerd gaussisch model gebruikt (zie Bijlage).

Voor de risicoanalyse voor pb Nietap wordt een schatting gemaakt van de spray drift direct na de toepassing. Dit is een relatieve grote emissie die na de bespuiting in één keer vrij komt in een korte periode (ordegrootte van een uur) en die tot hogere concentraties in de lucht zal leiden (kortstondig) dan verdamping, die over een langere periode plaats kan vinden (zie Bijlage bij "bestrijdingsmiddelen").

Veelgebruikte bestrijdingsmiddelen in de aardappel-, bieten-, en graanteelt

Veelgebruikte pesticiden tegen nematoden (in de aardappelteelt) zijn onder andere Monam, Basamid, Nemathorin, Vydate 10G en Mocap. Deze middelen worden in de grond gebracht (circa 10-15 cm diep) en daarom is de drift voor deze middelen 0%.

Een veelgebruikt bestrijdingsmiddel in de aardappelteelt tegen bladluizen/insecten is deltamethrin (Tabel 34; Tabel 35). Het kan gebruikt worden tegen bladluizen, rupsen en andere insecten voor veel verschillende gewassen. Toepassing vindt plaats voor de bloei en soms ook nog na de bloei of op het moment dat aantasting van het gewas wordt geconstateerd (www.ctgb.nl). Een ander veelgebruikt bestrijdingsmiddel in de aardappelteelt tegen bladluizen/insecten is primicarb. Toepassing vindt enkele dagen tot weken voor de oogst plaats afhankelijk van het gewas.

Het gecombineerde middel cymoxanil/mancozeb bestaat onder verschillende merknamen en is bedoeld voor aardappelen ter voorkoming van blad- en knolaantasting door de aardappelschimmelsziekte (*Phytophthora infestans*). Het tijdstip van de eerste bespuiting hangt af van de ontwikkeling van het gewas, van het ras en van het weer. Meestal wordt de eerste bespuiting uitgevoerd als de planten elkaar in de rij beginnen te raken. Afhankelijk van de weersomstandigheden en het ras dienen de bespuitingen om de 7-12 dagen herhaald te worden (Tabel 34; Tabel 35).

Chloorthalonil wordt voor aardappelen gebruikt ter bestrijding van *Phytophthora infestans*. Het tijdstip van de eerste behandeling hangt af van de ontwikkeling van het gewas en van het weer. Meestal wordt met de bespuiting begonnen als de planten elkaar in de rij beginnen te raken. Afhankelijk van de weersomstandigheden wordt de bespuiting om de 7 à 10 dagen herhaald tot een maximum van vijf doseringen. De termijn tussen de laatste toepassing en de oogst is enkele dagen tot enkele weken, afhankelijk van het gewas. Typische dosering voor veel gewassen is 3 liter per hectare wat neerkomt op 1,5 kg werkzame stof per hectare (Tabel 34; Tabel 35).

Op grasland is de dosering over het algemeen lager dan bij aardappels, groente en granen en daarom is van grasland in de omgeving van een waterproductiebedrijf minder risico te verwachten dan van akkerbouw met bijvoorbeeld bovengenoemde gewassen. De doseringen in Tabel 34 zijn voor grasland lager.

Tabel 34. Adviesdosering en hoeveelheid drift per hectare van enkele relevante bestrijdingsmiddelen voor aardappelen, graan, bieten en fruitteelt uitgaande van 1% drift (Adriaanse e.a., 2008; milieu-effectenkaarten CLM; www.ctgb.nl).

Middel* (actieve stof)	Adviesdosering (kg a.s./ha)	Drift (g a.s./ha)	Periode van toediening	Frequentie per jaar
deltamethrin	0,01	0,1	Jan-dec	1 of meer
primicarb	0,25	2,5	Voor oogst	1
glufosinaat- ammonium	0,75	7,5	> 14 dagen voor oogst aardappel	1 of meer
Cymoxanil	1,5	15	Elke 7-12 dagen	Meerdere malen
mancozeb	0,1	1		
Chloorthalonil	1,5	15	Elke 7-10 dagen	Max. 5x per seizoen
Thiram	1,6	16*	?	1 of meer

* Als thiram bij fruitbomen wordt toegepast is het drift percentage groter dan 1%.

Tabel 35. Ziekte/plaag en gewassen waar de middelen voor bedoeld zijn.

Middel*	Ziekte/plaag	Gewassen
deltamethrin	Bladluizen/rupsen/ insecten	Aardappel, groenten, fruit, granen, grasland
primicarb	Bladluizen	Aardappel, groenten, fruit, granen, openbaar groen
glufosinaat- ammonium	onkruid	Aardappelen, grasland, fruitbomen
Cymoxanil mancozeb	schimmel	Aardappel
Chloorthalonil	schimmel	Aardappel, granen, groenten, tomaat/komkommer onder glas, bloemisterij- en boomkwekerijgewassen
Thiram	schimmel	Appel, peer, perzik, aardbeien, sla, andijvie, komkommers, bloembollen, laanbomen

* Bij de dosering van de actieve stof (a.s.) in Tabel 34 is uitgegaan van het percentage of het gehalte van de actieve stof in het middel. In Tabel 34 en Tabel 35 worden de actieve stoffen genoemd, niet de merknamen. Er zijn vaak meerdere merknamen met dezelfde actieve stof.

Schimmelbestrijdingsmiddelen worden het frequentst gebruikt en hebben de hoogste dosering aan actieve stof. Daarom kunnen van deze stoffen de hoogste concentraties in de lucht worden verwacht na toediening als gevolg van spray drift. Voor cymoxanil en voor chloorthalonil wordt dit geschat op 15 gram per hectare per toediening bij een aanname van 1% spray drift (Tabel 34).

Schatting beginconcentraties

Om een beginconcentratie te schatten in de lucht van bijvoorbeeld chloorthalonil direct na toepassing wordt uitgegaan van een perceel van een hectare, een dosering van 1,5 kg actieve stof per hectare en een spray drift van 1%. Voor het schatten van de beginconcentratie in de lucht aan de rand van het perceel wordt de worst case aanname gedaan dat het middel zich boven het perceel tot op een hoogte van maximaal 3 meter bevindt voordat het via de lucht afgevoerd wordt. Als van een grotere luchtlaag wordt uitgegaan, is de beginconcentratie lager. De worst case aanname van 3 meter is gedaan op basis van metingen van Van der Zande e.a. (2009). Bij spullen (dichte rijen laanbomen) en opzetters (meer afstand tussen de bomen) bevond de maximale concentratie bestrijdingsmiddel na toediening en als gevolg van spray drift zich op 1 tot 3 meter (spullen) en rond de 1 meter (opzetters). Dit gold voor 7,5 meter na de laatste bomenrij. Op 6 meter hoogte was de concentratie afgenomen met een factor 3 tot 4.

In bovengenoemd voorbeeld wordt de beginconcentratie van chloorthalonil in de lucht boven het perceel $15 \times 10^6 \mu\text{g} / (10.000 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m}) = 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Als *worst case* situatie wordt het gebruik van het middel thiram onderzocht in de fruitteelt (gebruikt voor de gewassen appel en peer). Uit de milieueffectenkaart 2009 voor appel en peer (CLM, 2009) blijkt dat dit een middel is met een grote neiging tot drift. Het middel is bedoeld tegen schurft en vruchtrot. Het middel mag niet gebruikt worden voor 1 mei en na bloei. De adviesdosering is 1,60 kg a.s./ha en volgens de milieueffectenkaart (CLM, 2009) komt hiervan 0,70 kg a.s./ha in de lucht terecht door drift (en verdamping). Dit is 44% en meer dan de 7% genoemd door het Ctgb (Tabel 57, Bijlage). Uitgaande van een verspreidingshoogte van 6 meter boven het perceel (1 ha) – voor hoge laanbomen bevindt zich in deze laag volgens Van der Zande e.a. (2009) de hoogste concentratie – wordt de beginconcentratie aan de rand van het perceel $0,70 \times 10^9 \mu\text{g}/(10.000 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m}) = 12.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bestrijdingsmiddelen in de lucht bij kassen

Om de concentraties in de lucht, zoals die in dit hoofdstuk voor chloorthalonil en thiram berekend worden, te kunnen vergelijken is gezocht naar gegevens over concentraties van bestrijdingsmiddelen in de lucht. Er zijn niet veel onderzoeken gedaan naar concentraties van bestrijdingsmiddelen in lucht vanwege de hoge kosten, moeilijke uitvoerbaarheid en de grote hoeveelheid werk die dat met zich meebrengt. Alleen over bestrijdingsmiddelen in de lucht bij kassen zijn enkele rapporten verschenen (Mensink en Linders, 1998; Leistra e.a., 2001).

Voor tuinbouwkassen wordt een driftpercentage van 0,1 % gehanteerd door het Ctgb (Tabel 57, Bijlage). Voor andere vormen van landbouw zijn geen gegevens gevonden van metingen van bestrijdingsmiddelen in de lucht. Momenteel zijn er geen tuinbouwkassen in de buurt van pb Nietap, maar mogelijk is dit in de toekomst wel het geval en de analyse geeft een goed beeld van de risico's van bestrijdingsmiddelengebruik in de buurt van een waterproductiebedrijf.

Mensink en Linders (1998) schatten concentraties van zeven organofosfor pesticiden in de directe omgeving benedenwinds van een kas op maximaal 25 meter afstand. Details over doseringskarakteristieken en gewassen zijn terug te vinden in Bijlage:. De geschatte concentraties van de zeven bestrijdingsmiddelen in de directe omgeving (tot 25 meter) benedenwinds van de kas staan in Tabel 36 voor hoge en de lage doseringen (Bijlage:). Uit Tabel 36 blijkt dat in het eerste uur na toediening de concentratie van enkele bestrijdingsmiddelen op kan lopen tot enkele honderden microgrammen per m^3 .

Tabel 36. Geschatte gemiddelde concentratie van de organofosfor pesticiden in de lucht in de directe omgeving van kassen (maximaal 25 meter) tijdens het eerste uur na de toediening.

Pesticide	Concentratie bij lage dosering ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Concentratie bij hoge dosering ($\mu\text{g m}^{-3}$)
dichloorvos	11	386
Azinphos-methyl	49	147
Chlorfenvinphos	321	
Diazinon	20	147
Mevinphos	16	61
Parathion	21	684
Parathion-methyl	21	684

Leistra e.a. (2001) deden een vergelijkbare studie. Er werden bestrijdingsmiddelen (insecticiden, acariciden en fungiciden) geselecteerd die veel gebruikt worden in kassen, die via bespuiting of ruimtebehandeling worden gebruikt en die een matige tot hoge dampdruk hebben. Berekend werden de concentraties bestrijdingsmiddel in de lijwervel benedenwinds van een standaardkas. De concentraties van de bestrijdingsmiddelen in de lucht benedenwinds van de kas worden berekend met het empirisch lijwervelmodel (Baas en Huygen, 1992).

Uit de berekeningen blijkt dat de bestrijdingsmiddelen in maximaal enkele tientallen microgrammen per m^3 voorkomen in de lijwervel van de kas bij toediening via ruimtebehandeling. Andere toedieningen directer op het gewas leiden tot lagere concentraties. Deze concentraties zijn over het algemeen wat lager dan bij Mensink en Linders (1998). Er werden echter verschillende modellen gebruikt, verschillende bestrijdingsmiddelen en verschillende doseringen, dus onderling vergelijken is niet goed mogelijk.

Tabel 37. Enkele voorbeelden van berekende concentraties van bestrijdingsmiddelen in de lijwervel van een standaardkas na toediening via ruimtebehandeling (Leistra e.a., 2001).

Werkzame stof	Gewas	Dosering ruimtebehandeling (kg/ha)	Concentratie na ruimtebehandeling in lijwervel kas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Acefaat	Chrysant	0,38	25
	Roos	0,38	25
Carbofuran	Chrysant	0,30	20
	Ficus	0,30	20
Dichloorvos	Roos	0,55	26
Primicarb	Komkommer	0,25	17
Triazamaat	Chrysant	0,14	9,3

Concentratie bestrijdingsmiddel in de lucht en in het water van pb Nietap

Er is een schatting gemaakt van de beginconcentratie boven/aan de rand van een perceel van $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ chloorthalonil bij een toediening van 1,5 kg actieve stof per hectare (voor bijvoorbeeld aardappels) en 1% spray drift. Voor thiram is een schatting gemaakt van $12.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ thiram bij een toediening van 1,6 kg actieve stof per hectare in de fruitteelt en een drift van 44%. In Tabel 38 is een overzicht gegeven van de fractie bestrijdingsmiddel die overblijft op een afstand van 200 meter van de rand van het perceel voor enkele worst case situaties. Deze fracties zijn bepaald met behulp van Figuur 21 tot en met Figuur 24 in Bijlage.

Tabel 38. Afname concentratie bestrijdingsmiddel op 200 meter ten opzichte van de concentratie aan de perceelrand (100 meter van het midden van het perceel); schatting van de resterende concentraties chloorthalonil ($c_0 = 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en thiram ($c_0 = 12.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) op 200 meter afstand in de lucht en schatting van de concentratie in het drinkwater bij $RQ = 9$ (cascade pb Nietap).

Afwijking van standaardsituatie	Overgebleven fractie op 200 meter afstand van perceel	Chloorthalonil in de lucht en water ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Thiram in de lucht en water ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		lucht	water	lucht	water
Standaardconditie (Figuur 21)	5×10^{-5}	0,025	0,2	0,6	5
Weerstabieleitsklasse B (Figuur 22)	1×10^{-3}	0,5	5	12	108
Windsnelheid 8 m/s (Figuur 23)	5×10^{-3}	2,5	23	60	540
Druppeldiameter $150 \mu\text{m}$ (Figuur 24)	0,05	25	225	600	5400

Onder standaardcondities neemt de concentratie bestrijdingsmiddel in de lucht sterk af als functie van de afstand tot het perceel (Figuur 21). Op 200 meter afstand tot de rand van het perceel is de concentratie nog slechts 5×10^{-5} van de beginconcentratie (Tabel 38). Zelfs bij een grote hoeveelheid drift van thiram in de fruitteelt wordt de concentratie op 200 meter afstand in de lucht op maximaal $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geschat en in het water van pb Nietap op maximaal $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0,005 \mu\text{g}/\text{l}$) bij volledige stofoverdracht van lucht naar water in het cascadegebouw.

Onder ongunstiger omstandigheden zoals een ongunstiger weertype (B, zie Bijlage:), een hogere windsnelheid in de richting van het waterproductiebedrijf, toediening in kleinere druppeltjes of toediening op een meer nabijgelegen perceel wordt de concentratie in de lucht en in het water op pb Nietap hoger.

De druppeldiameter, en dus de manier van toediening, blijkt van cruciaal belang te zijn voor de concentraties in de lucht na spray drift. Onder de meest ongunstige omstandigheden wordt de concentratie thiram op 200 meter van de rand van het perceel geschat op $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in de lucht en $5400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($5,4 \mu\text{g}/\text{l}$) in het water van pb Nietap bij de cascades.

Zoals eerder aangegeven in deze paragraaf leveren ook kassengebieden in de buurt van waterproductiebedrijven een potentieel risico op voor de drinkwaterkwaliteit. Leistra e.a. (2001) berekenden concentraties van enkele veelgebruikte bestrijdingsmiddelen in de kas op enkele tientallen microgrammen per m³ net buiten de kas (Tabel 37). Dit zal tot lagere concentraties leiden dan voor chloorthalonil in Tabel 38 omdat de beginconcentraties lager zijn. Als echter van de maximale concentraties van Mensink en Linders (1998) uit wordt gegaan (684 µg/m³ parathion, Tabel 36) net buiten de kas, dan zijn de maximale concentraties in lucht en water vergelijkbaar met die van chloorthalonil.

Driftreductie

Tegenwoordig wordt bij het gebruik van bestrijdingsmiddelen veel aandacht besteed aan driftreducerende maatregelen, zoals spuiten bij lage windsnelheid, vanaf kleine hoogte spuiten, teeltvrije zones, emissieschermen en driftreducerende spuittechnieken (voldoende grote druppels). De concentraties in Tabel 38 moeten daarom gezien worden als worst case concentraties.

Verder bleek uit onderzoek van Huygen e.a. (1986) dat de berekende totale druppeldrift, zoals weergegeven in Figuur 21 tot en met Figuur 24 groter was dan in enkele experimenten bepaalde waarden, hetgeen kan samenhangen met het verwaarlozen van traagheid van de deeltjes, waardoor beginconcentraties worden overschat (Huygen e.a., 1986). Tot op heden zijn in het reine en ruwe water van pb Nietap geen bestrijdingsmiddelen aangetroffen.

7.7.5 Q-koorts

De dichtstbijzijnde Q-koortshaard in 2009 in de buurt van pb Nietap lag op circa 6,5 km afstand. Uit de analyse van Sales Ortells en Medema (2011a,b) zoals reeds gepresenteerd in paragraaf 4.7.4 en Tabel 9 (wpb Welschap) bleek dat het risico van infectie met Q-koorts via drinkwater verwaarloosbaar klein is ten opzichte van het risico door directe inademing van de Q-koorts bacterie. Voor een afstand van 6,5 km van de drinkwaterzuivering tot de Q-koortshaard berekenden Sales Ortells en Medema (2011a,b) een besmettingsrisico van circa $1,2 \times 10^{-7}$ via drinkwater. Aangezien de maximale lucht-waterverhouding (RQ) op pb Nietap 9 is bij de cascades en in paragraaf 4.7.4 en Tabel 9 is uitgegaan van RQ = 20 kan dit besmettingsrisico nog een keer door twee worden gedeeld. Ter vergelijking: voor alle transmissieroutes samen (met name inademing) was het gemiddelde infectierisico in 2009 in Nederland $1,4 \times 10^{-4}$.

Bij gebruik van een fijnstoffilter klasse F9, zoals bij pb Nietap, zal de concentratie Q-koortsbacteriën met minimaal 85% afnemen (Figuur 1) uitgaande van de slechts mogelijke situatie dat de Q-koortsbacteriën 0,2 µm groot zijn. Deeltjes van 0,2 µm penetreren het sterkt door het F9 fijnstoffilter. Het absoluutfilter H13 op de reinwaterkelder verwijdert Q-koortsbacteriën voor minimaal 99,95%.

7.7.6 Risico's ziekteverwekkers in mest

Analoog aan de schatting van de risico's van Q-koorts (Sales Ortells en Medema, 2011) voor de drinkwaterkwaliteit wordt een schatting gemaakt van de risico's van ziekteverwekker in mest in de omgeving van pb Nietap voor de drinkwaterkwaliteit. Dit gebeurt door een schatting te maken van de emissie van parasieten na bemesting van landbouwgrond en door emissies te schatten van enterobacteriën uit een stal.

Ziekteverwekkende parasieten in mest van landbouwhuisdieren

Vleeskalveren vormen potentieel een kwantitatief belangrijke bron van *Cryptosporidium* en *Giardia*. Van pasgeboren dieren is 90% van de koppels positief. De mest van kalveren jonger dan een half jaar bevat $5,3 \times 10^5$ tot $5,2 \times 10^7$ *Cryptosporidium*/kg en $2,5 \times 10^6$ tot $3,2 \times 10^7$ *Giardia*/kg. Driekwart van deze mest ($2,6 \times 10^9$ kg) komt (na opslag) op het land terecht. Een kwart gaat naar de kalvermestverwerking. Tijdens het indikken van kalvermest bij verwerkingsbedrijven sterft ongeveer 80% van de *Cryptosporidium*-oöcysten en *Giardia*-cysten in de aangevoerde mest af. De kalvermest die op het land

wordt gebracht is dus potentieel een grote bron van *Cryptosporidium* en *Giardia*. Naast uit- en afspoeling van op het land gebracht mest in het oppervlaktewater van deze protozoa, komt ook een deel in de lucht terecht.

In mest van melkkoeien werden nauwelijks oöcysten aangetoond. Vooral jong melkvee lijkt dus een potentieel belangrijke emissiebron. *Cryptosporidium* en *Giardia* zijn niet in de mest van vleeskuikens aangetoond. Daarom levert het gebruik van deze mest waarschijnlijk geen bijdrage aan de emissie naar de lucht. Legkippen vormen een belangrijke emissiebron voor *Cryptosporidium*. Dit is echter waarschijnlijk *Cryptosporidium baileyi*, een niet menspathogene *Cryptosporidium*-soort.

Varkens blijken op grond van het onderzoek van slachthuisafvalwater besmet te zijn met *Cryptosporidium* en *Giardia*. Het voorkomen van (oö)cysten in varkensmest kon niet worden bepaald (Medema e.a., 2001). In de risicoanalyse wordt als *worst case* uitgegaan van het gebruik van kalvermest, omdat deze de meeste *Cryptosporidium* en *Giardia* bevat.

Normen voor *Cryptosporidium* en *Giardia* in drinkwater

Voor *Cryptosporidium*, *Giardia* (en [entero]virussen) in drinkwater wordt in het Drinkwaterbesluit 2011 het volgende opgemerkt:

“Micro-organismen mogen krachtens artikel 21, eerste lid, en artikel 25 van de wet, niet in een zodanige concentratie in het drinkwater voorkomen dat nadelige gevolgen voor de volksgezondheid kunnen ontstaan. Voor bepaalde micro-organismen, zoals virussen en protozoa (onder meer *Cryptosporidium* en *Giardia*), is het niet mogelijk om concentraties te meten op het zeer lage niveau, waarop blootstelling relevant is voor de gezondheid van de gebruiker. In plaats hiervan dient de eigenaar die gebruik maakt van oppervlaktewater als grondstof voor de bereiding van drinkwater op basis van metingen van de desbetreffende micro-organismen in de grondstof en gegevens over de verwijderingscapaciteit bij de verschillende zuiveringsprocessen (inclusief eventuele bodempassages) in overleg met de inspecteur een kwantitatieve risicoanalyse voor het bereide drinkwater op te stellen. De VROM-Inspectierichtlijn “Analyse microbiologische veiligheid drinkwater” dient hiertoe gebruikt te worden.

Voor het door middel van deze risicoanalyse berekende theoretische infectierisico geldt een grenswaarde van één infectie per 10.000 personen per jaar. De toetsing aan deze grenswaarde voor het infectierisico dient in elk geval te worden uitgevoerd voor Enterovirussen, *Cryptosporidium* en *Giardia*, maar geldt in principe ook voor andere pathogene micro-organismen. Indien het berekende infectierisico groter is dan de genoemde grenswaarde, dient de eigenaar met de inspecteur te overleggen over te nemen maatregelen. De inspecteur kan bepalen dat voor kwetsbare grondwaterwinningen eenzelfde risicoanalyse wordt uitgevoerd.”

Daarnaast mogen de fecale indicatororganismen *Escherichia coli* en Enterococci ook niet voorkomen in 100 ml drinkwater.

De dosis-response relaties voor *Cryptosporidium* en *Giardia* (vastgesteld met menselijke vrijwilligers) zijn te extrapoleren naar gehalten die maximaal in drinkwater aanwezig mogen zijn (Tabel 39) om te voldoen aan het risicocriterium (maximaal 1 infectie per 10.000 inwoners per jaar via drinkwater). De gehalten liggen ver onder de detectiegrens van de protozoa-meetmethode. De getallen in de tabel zijn gebaseerd op de werkelijke dosis respons relaties die RIVM ook gebruikt.

Tabel 39. Maximaal toelaatbaar gehalte (MTG) van *Cryptosporidium* en *Giardia* in drinkwater (naar Versteegh e.a., 1998 in Medema e.a. 2001).

	MTG (n/l)	MTG (afwezig in ondergenoemd volume, m ³)
<i>Cryptosporidium</i> (Iowa stam)	$2,2 \times 10^{-5}$	45
<i>Cryptosporidium</i> <i>parvum</i> (meerdere stammen)	$6,0 \times 10^{-6}$	170
<i>Giardia</i>	$5,5 \times 10^{-6}$	180
Worst case	$1,2 \times 10^{-6}$	830

Om aan te kunnen tonen dat wordt voldaan aan de richtlijnen, wordt op basis van het verschil tussen de protozoagehalten in de grondstof en de maximaal toelaatbare gehalten in drinkwater de benodigde verwijderingscapaciteit van de zuivering vastgesteld. Voor de zekerheid wordt hier de worst case dosis/responsrelatie gebruikt. Het zuiveringsrendement kan worden vastgesteld door onder *full scale* condities de verwijdering van de van nature aanwezige anaërobe sporen of deeltjes te meten, of met doseerexperimenten in praktijksituaties of in proefinstallaties.

Concentraties *Cryptosporidium* en *Giardia* in mest van jonge kalveren

De mest van kalveren jonger dan een half jaar bevat $5,3 \times 10^5$ tot $5,2 \times 10^7$ *Cryptosporidium*/kg en $2,5 \times 10^6$ tot $3,2 \times 10^7$ *Giardia*/kg. In de literatuur worden maximale gehalten van 10^9 - 10^{10} *Cryptosporidium*/kg feces gemeld (Casemore e.a., 1997 in Medema e.a., 2001). Voor *Giardia* is het maximum gehalte ongeveer 10^8 per kg (Medema e.a., 2001). In kalvergier (2% droge stof) is een gemiddelde concentratie *Cryptosporidium* gemeten van $7,5 \times 10^6$ per liter (ongeveer een kg) en gemiddeld $1,4 \times 10^6$ per liter *Giardia* (Medema e.a., 2001). Medema e.a. (2001) leidden gemiddelde concentraties af van $4,6 \times 10^5$ *Cryptosporidium*-oöcysten/kg en $6,9 \times 10^5$ *Giardia*-cysten/kg in kalvergier op basis van verse mest. De (oö)cysten kunnen via de lucht worden getransporteerd en deze concentraties zullen worden gebruikt in de risicoanalyse.

Hoeveelheid bemesting

Voor bewerkte kalvergier wordt een forfaitair stikstofgehalte gehanteerd van 3,2 kg per ton (1000 liter) mest. Voor grasland geldt een stikstofgebruiksnorm van circa 300 kg N per ha per jaar, afhankelijk van de grondsoort. Voor akkerbouw ligt de norm voor alle gewassen onder de 300 kg N per ha per jaar (Ministerie van LNV: Mestbeleid 2008-2009 - tabellen). Als kalvergier gebruikt wordt voor bemesting van grasland mag daarom op basis van de stikstofgebruiksnorm maximaal circa 100 m³ kalvergier per jaar worden gebruikt per hectare. In deze risicoanalyse wordt een aanname gedaan van 3 bemestingen per jaar (Sonneveld e.a., 2009) van 33 m³ kalvergier. Dit is een worst case situatie aangezien in Sonneveld e.a. (2009) totale mestgiften worden gegeven voor drijfmest op grasland van 31 tot 47 m³/ha per jaar op basis van 2 tot 3 mestgiften, dus per mestgift circa 10 tot 15 m³.

Regels voor uitrijperiode en drijfmest op bouwland

Voor het gebruik van dierlijke meststoffen gelden verschillende uitrijperiodes, afhankelijk van de mestsoort, de grondsoort en het gebruik (grasland of bouwland). Uitrijden van vaste dierlijke mest op bouwland gelegen op veengrond en kleigrond is het hele jaar door toegestaan. Uitrijden van drijfmest en vaste dierlijke mest op andere ondergronden is toegestaan van februari tot en met augustus.

Vanaf 1 januari 2008 zijn de regels voor het emissiearm aanwenden op bouwland aangescherpt. In het Besluit gebruik meststoffen is gesteld dat het verboden is om dierlijke meststoffen te gebruiken op grasland, bouwland, braakland of niet-beteelde grond, tenzij de dierlijke meststoffen emissiearm worden aangewend (zodenbemesting, sleepvoet/sleepslang of injectie) (Sonneveld e.a. 2009). Het gevolg is dat de mest of het slib niet meer zichtbaar op het grondoppervlak ligt.

Concentratie (oö)cysten in de lucht

Er zijn gevallen bekend van cryptosporidiose epidemieën via drinkwater. De bron is vaak besmet oppervlaktewater dat wordt ingenomen, maar er is ook een geval bekend dat mest gestrooid was in de buurt van de reinwaterkelder (Furtado et al., 1998 in Medema e. a., 2001) en de route van besmetting was in dit geval waarschijnlijk via de lucht.

De (oö)cyste vorm van *Cryptosporidium* en *Giardia* kan lang overleven. Na uitscheiding via de ontlasting zijn deze (oö)cysten onder koele en vochtige omstandigheden verscheidene weken tot maanden besmettelijk. De (oö)cysten zijn niet goed bestand tegen uitdroging. Bij verspreiding van aerosolen is de mate van overleving dus sterk gekoppeld aan de aanwezigheid van water in de aerosol.

In het verleden werd de gier met giertanks verspoten over het bouw- of grasland en was er intensief contact met de lucht. Als gevolg van de nieuwe regels die gelden vanaf 2008 voor het uitrijden van mest is er veel minder contact met de lucht en zal de hoeveelheid (oö)cysten die via de mest in de lucht terecht komt nog slechts een fractie zijn van de hoeveelheid bij oude bemestingsmethode. Voor zover bij de auteur bekend, zijn er geen publicaties over de hoeveelheden (oö)cysten in de lucht als gevolg van bemesting met dierlijke mest.

Met Lighthart's model (zie Bijlage) wordt de concentratie (oö)cysten geschat in de lucht in de buurt van pb Nietap. De bronhoogte in Lighthart's model (H) is 0 meter, omdat de mest op de bodem verspreid wordt. Er wordt geen afsterving van de (oö)cysten verondersteld ($\lambda = 0$) tijdens het transport door de lucht van het perceel naar het waterproductiebedrijf.

De belangrijkste onzekerheid in de berekening is de emissiesnelheid van de (oö)cysten na bemesting (Q), omdat geen data bekend zijn in de literatuur van (oö)cysten in de lucht boven een perceel na bemesting.

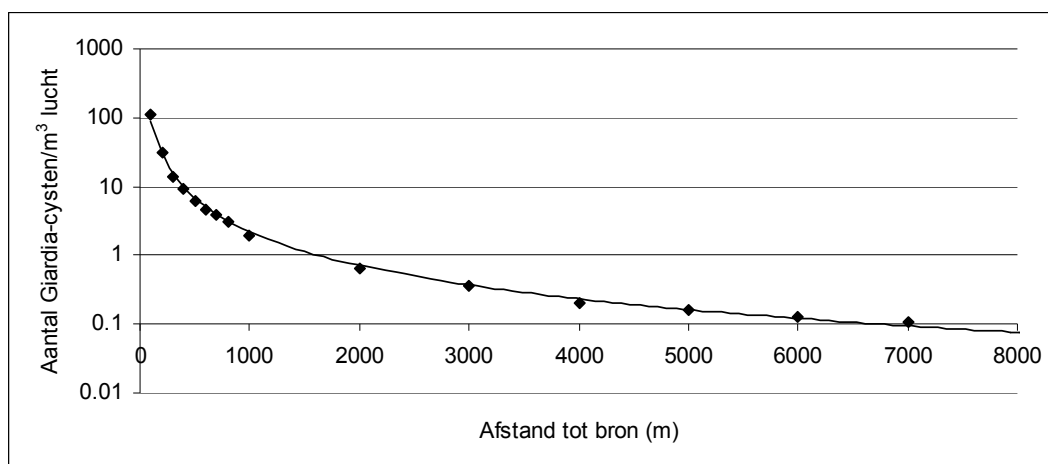
Wel is de emissie van ammoniak bekend na wel en niet emissiearm aanbrengen van drijfmest. Volgens Sonneveld e.a. (2009) is de emissie bij niet emissiearm aanbrengen van mest 28% tot 100% en bij emissiearme aanwending (zodenbemesting) 1% tot 63%. De gemiddelde emissiefactor bij zodenbemesting is 16% en bij gebruik van een sleepvoet 26%.

Helaas zeggen deze emissies van ammoniak niet veel over de emissie van (oö)cysten na bemesting. Ammoniak is een vluchtige stof en (oö)cysten kunnen worden beschouwd als deeltjes. Hiervan zal de emissie na aanbrengen van mest vele malen kleiner zijn, maar hierover zijn geen gegevens bekend.

Vanwege het ontbreken van gegevens wordt een aanname gedaan van 1% emissie van de (oö)cysten gemiddeld tijdens het eerste uur na de bemesting. Eerder in deze paragraaf is al berekend dat maximaal 100 m³ (kalver)gier op een hectare grasland per jaar gebracht mag worden. Als dit in 3 periodes gebeurt, komt er per bemesting 33 m³ gier op een perceel van een hectare. Er wordt uitgegaan van $6,9 \times 10^8$ *Giardia*-cysten per m³ gier (of $4,6 \times 10^8$ *Cryptosporidium*-oöcysten/m³ gier). De emissiesnelheid wordt dan circa 63.000 *Giardia*-cysten per seconde en circa 42.000 *Cryptosporidium*-oöcysten per seconde.

Wellicht is dit met de huidige bemestingsmethoden een zware overschatting. Figuur 14 geeft de concentratie van *Giardia*-cysten als functie van de afstand tot de bron. Een emissie van 0,1% zou de concentraties in Figuur 14 met een factor 10 doen dalen en een gelijkmatige spreiding van de aangenomen 1% emissie over een etmaal in plaats van over een uur zou de concentratie in Figuur 14 met een factor 24 doen dalen.

Verder zou een verdubbeling van de windsnelheid volgens het model leiden tot een halvering van de concentratie en hebben de atmosferische stabiliteitsklassen A (zeer onstabiel) en B (matig onstabiel) hogere g-waarden dan stabiliteitsklasse C (licht onstabiel) maar de klassen A en B worden juist weer gekarakteriseerd door lagere windsnelheden (zie Bijlage:).



Figuur 14. De geschatte benedenwindse concentratie van *Giardia*-cysten als functie van de afstand tot de bron, gebruikmakend van het model van Lighthard en Frisch (1976) met een windsnelheid van 4 m/s, een emissie van 63.000 *Giardia*-cysten/s, een bronhoogte van 0 m en stabiliteitsklasse C.

Onder de omstandigheden die in voorgaande analyse en in Figuur 14 zijn aangenomen volgt dat de *Giardia*-cysten tot op enkele kilometers afstand van de bron nog in de lucht aanwezig kunnen zijn. Op 100 meter van de bron wordt de concentratie geschat op circa 100 *Giardia*-cysten per m³ en op een

afstand van 1000 meter op circa 2 *Giardia*-cysten per m³. Het aantal *Cryptosporidium*-oöcysten ligt steeds onder dat van de *Giardia*-cysten vanwege de lagere emissie.

Emissie enterobacteriën vanuit de stal

Ook de emissie van ziekteverwekkende darmbacteriën (zoals *Campylobacter*) via ventilatie uit stallen is een potentiële infectiebron voor drinkwater. Over de emissie via de lucht van deze pathogenen is weinig bekend. Als indicatororganismen voor deze ziekteverwekkende darmbacteriën worden enterobacteriën gebruikt. Enterobacteriën vormen een grote familie bacteriën, waartoe ook het bekende indicator *Escherichia coli* behoort. Genetisch onderzoek plaatst deze bacteriën bij de Proteobacteria, en zij behoren tot de orde Enterobacteriales. Enterobacteriën zijn staafvormig en 1-5 µm lang.

Seedorf e.a. (1998) laten zien dat de ventilatiesnelheid in Nederlandse stallen varieert van circa 100 m³/uur tot 900 m³/uur per "livestock unit" (LU, komt overeen met 500 kg diergewicht) afhankelijk van het type vee. Seedorf (2004) rapporteert de emissiesnelheden van deze enterobacteriën uit stallen (Tabel 40). Hierin is de gemiddelde ventilatiesnelheid per veetype al in verwerkt.

Tabel 40. Berekende emissiefactoren voor enterobacteriën in Lower Saxony in Duitsland (Seedorf, 2004).

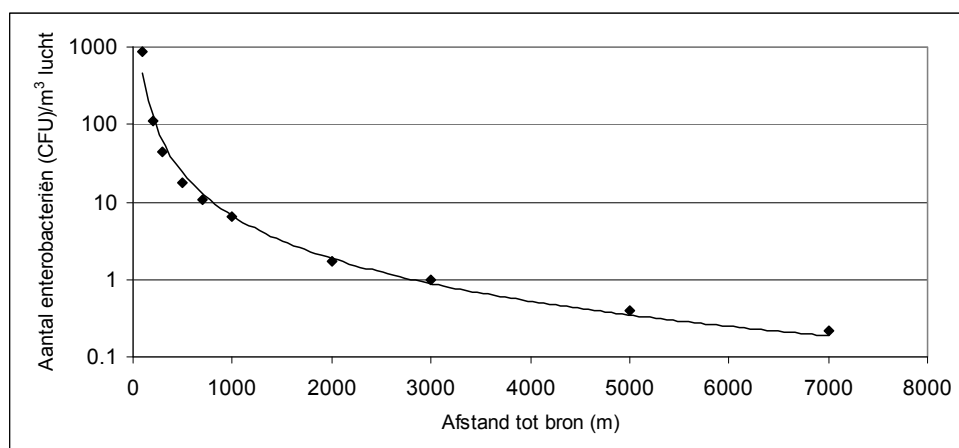
Veeklasse per LU*	Emissie enterobacteriën (CFU**/uur)
Melkkoe	1,00 x 10 ⁴
Vleeskoe	1,00 x 10 ⁴
Kalf	2,75 x 10 ⁴
Zeug	2,80 x 10 ⁵
Mestvarken	1,45 x 10 ⁶
Leghen	2,61 x 10 ⁵
Mestkip	1,41 x 10 ⁶

* livestock unit, equivalent met 500 kg lichaamsgewicht

** colony-forming units

Bij varkens is de emissie het grootst. Voor mestvarkens wordt een gewicht van 80 kg gebruikt en als worst case een aantal van gemiddeld 2700 (www.lto.nl) per intensieve veehouderij. Uitgaande van een gelijke emissie in de Nederlandse veehouderij als in het onderzoek van Seedorf wordt de emissie enterobacteriën uit de stal: 1,45 x 10⁶ CFU per uur x 80/500 LU x 2700 mestvarkens = 6,26 x 10⁸ CFU/uur (1,74 x 10⁵ CFU/s).

Met Ligthart's model (zie Bijlage) wordt de concentratie enterobacteriën geschat in de lucht na emissies vanuit de stal. Als bronhoogte wordt net zoals in het Q-koortsrapport (Sales Ortells en Medema, 2011) 10 meter aangenomen. Er wordt geen afsterving van de enterobacteriën verondersteld ($\lambda = 0$) tijdens het transport door de lucht vanuit de stal naar het waterproductiebedrijf. Dat is een worst case analyse omdat tijdens het transport door de lucht snel verlies van kweekbaarheid plaats kan vinden (Zhao, 2011). Figuur 15 geeft de concentratie van enterobacteriën als functie van de afstand tot de bron bij een emissie van 6,26 x 10⁸ CFU/uur (= 1,74 x 10⁵ CFU/s) aan enterobacteriën.



Figuur 15. De geschatte benedenwindse concentratie van enterobacteriën als functie van de afstand tot de bron gebruikmakend van het model van Lighthard en Frisch (1976) met een windsnelheid van 4 m/s, een emissie van $1,74 \times 10^5$ CFU/s aan enterobacteriën, een bronhoogte van 10 m en stabiliteitsklasse C.

Onder de omstandigheden die in voorgaande analyse en in Figuur 15 zijn aangenomen volgt dat de enterobacteriën tot op enkele kilometers afstand van de bron nog in de lucht aanwezig kunnen zijn. Op 100 meter van de bron wordt de concentratie geschat op circa 870 CFU per m^3 en op een afstand van 1000 meter op circa 6,5 CFU per m^3 .

Concentratie (oö)cysten en enterobacteriën in het water van pb Nietap

Indien wordt uitgegaan van een lucht-waterverhouding van 9 in het cascadegebouw van pb Nietap en volledige overdracht van de *Giardia*-cysten van lucht naar water wordt de concentratie *Giardia*-cysten in het water van het cascadegebouw 1/1 indien de bron 100 meter afstand van pb Nietap verwijderd is en 0,02/1 als de bron 1000 meter verwijderd is. Deze concentratie *Giardia*-cysten is veel hoger dan het maximaal toelaatbaar gehalte ($1,2 \times 10^{-6}$ /l; Tabel 39). Dit geldt ook voor de *Cryptosporidium*-oöcysten. De concentratie enterobacteriën zou in het geval van een stal op 100 meter van de luchtinlaat bij pb Nietap 7,8 CFU/l zijn en op 1000 meter 0,06 CFU/l. Voor zover bekend is er geen megastal met varkens in de omgeving van pb Nietap aanwezig binnen een straal van enkele kilometers. Daarbij moet worden aangetekend dat zowel voor de parasieten als enterobacteriën de werkelijke concentraties levende organismen in het water lager kunnen zijn vanwege de afsterving die tijdens transport door de lucht plaats kan vinden.

Verwijdering (oö)cysten en enterobacteriën in de zuivering

Sales Ortells en Medema (2011) gaan uit van een verwijdering van 0,5 log (een factor 3,2) van *E. coli* en *Clostridium* sporen door snelle zandfiltratie. Als dit voor de verwijdering van de (oö)cysten ook het geval is, zal in de zuivering van pb Nietap de concentratie (oö)cysten en enterobacteriën door het dubbellaagsfilter in de ene zuiveringstak en de voor- en nafiltratie in de andere zuiveringstak nog met een factor 3 dalen, maar er wordt nog niet voldaan aan de norm (Tabel 39). Het water af pompstation wordt gecontroleerd op bacteriën van de coligroep (een klasse enterobacteriën) en deze zijn in 2010 niet aangetroffen (Versteegh en Dik, 2011).

Voor de zekerheid wordt aanbevolen luchtfilters te gebruiken bij de inname van lucht in de buurt van megastallen of landbouwpercelen die bemest worden, ondanks dat er grote onzekerheden zijn over de emissie en overleving van (oö)cysten na het opbrengen van de mest op landbouwpercelen in de buurt. De (oö)cysten en enterobacteriën in de lucht moeten volledig tegengehouden worden door de luchtfilters. Een typische afmetingen van een *Giardia*-cyst is 8-18 μm bij 5-15 μm en van *Cryptosporidium* -oöcysten 3-7 μm . *E. coli* heeft een typische afmeting van 0,5 bij 1-4 μm . Voor de verwijdering hiervan is het fijnstoffilter F9 een geschikt filter (zie hoofdstuk 3). Dit filter wordt momenteel al gebruikt voor de lucht naar het cascadegebouw en voor de blower van de

dubbellaagsfilters, voorfilters en nafilts. Voor de ademlucht van de reinwaterkelder wordt een nog fijner filter gebruikt: het H13 absoluutfilter.

Bovenstaande is een eerste inschatting van de risico's van micro-organismen uit de intensieve landbouw voor de drinkwaterkwaliteit. Vervolgonderzoek ter onderbouwing van het voorkomen van pathogenen in de omgevingslucht van pompstations in agrarisch gebied is gewenst. Andere bronnen die een mogelijke bron zijn van pathogenen in de lucht zijn de mestopslag bij de boer zelf of de kalvermestverwerkingsbedrijven.

7.7.7 Risico's autoweg N273

Pb Nietap ligt ongeveer 100 meter van de autoweg N273 die een verkeersintensiteit heeft van circa 10.000 voertuigen per dag. Voor wpb Welschap dat minder dan 100 meter van de A2 aflight (verkeersintensiteit circa 160.000 voertuigen per werkdag) en een intensievere beluchting heeft dan pb Nietap werden geen risico's gevonden voor de drinkwaterkwaliteit als gevolg van emissies van het autoverkeer (NO_x, CO, fijnstof, SO₂, benzeen). Zie hiervoor Hoofdstuk 4. Daarom zal de autoweg lang pb Nietap ook geen risico opleveren voor de drinkwaterkwaliteit.

7.8 Conclusies

- Maximaal gemeten concentraties van gassen en zware metalen in de lucht (componenten: zie Tabel 33) van het landelijk meetnet luchtverontreiniging in de regio van pb Nietap geven aan dat gebruik van lucht in de zuivering van pb Nietap geen risico oplevert voor de drinkwaterkwaliteit.
- De dichtstbijzijnde Q-koortshaard in 2009 lag op circa 6,5 km afstand van pb Nietap. Het risico van infectie met Q-koorts via drinkwater is voor pb Nietap verwaarloosbaar klein ten opzichte van het risico door directe inademing van de Q-koorts bacterie. Voor pb Nietap was het infectierisico door de dichtstbijzijnde Q-koortshaard circa $0,6 \times 10^{-7}$ via douchen. Voor alle transmissieroutes samen (met name inademing) was het gemiddelde infectierisico in 2009 in Nederland $1,4 \times 10^{-4}$.
- Op grond van de uitgevoerde risicoanalyse is niet uit te sluiten dat in een *worst case* situatie pathogene micro-organismen als *Giardia* en *Cryptosporidium* of enterobacterien na bemesting van landbouwgronden of na emissie van uit stallen in de directe omgeving een risico opleveren voor de drinkwaterkwaliteit van een waterproductiebedrijf. De emissiesnelheid van de pathogenen na bemesting van landbouwgrond en de overleving van deze organismen in de lucht zijn de meest onzekere factoren in de analyse. Gebruik van kalvermest geeft het grootste risico. Tot nu toe zijn er bij pb Nietap geen problemen ondervonden met deze pathogene micro-organismen of *E. coli* of enterococci in het drinkwater. Dit kan mede het gevolg zijn van de gebruikte luchtfilter op de zuivering.
- Emissies van het wegverkeer (NO_x, CO, fijnstof, SO₂, benzeen) vanaf de N273 waarlangs pb Nietap gelegen is, leveren geen risico op voor de drinkwaterkwaliteit.
- Gebruik van bestrijdingsmiddelen in laag groeiende teelten, zoals aardappelen, graan en bieten leiden niet tot concentraties boven 0,1 µg/l in het drinkwater, ook als het productiebedrijf op 200 meter afstand van het perceel is gevestigd, indien voldoende driftreducerende maatregelen zijn getroffen, zoals niet te kleine druppels toedienen en bijvoorbeeld emissieschermen gebruiken.
- Gewassen waarbij bestrijdingsmiddelengebruik leidt tot hoge spray drift (bijvoorbeeld bij fruitteeltbedrijven) kunnen op 200 meter van de rand van het perceel leiden tot concentraties in de lucht boven de 10 µg/m³ bij ongunstige windrichting en -kracht (8 m/s) of als met te kleine druppeltjes wordt bespoten en verder geen driftreducerende maatregelen zijn getroffen. Bij

intensieve beluchtingsprocessen kan dit in het meest ongunstige geval (volledige stofoverdracht bij de cascades) leiden tot concentraties boven 0,1 µg/l in het water van pb Nietap. Bestrijdingsmiddelen zijn echter niet aangetoond in het reine water van pb Nietap met behulp van metingen.

- Met het fijnstoffilter F9, dat de lucht naar de cascades filtreert, worden fijnstof en Q-koorts bacteriën voor minimaal 85% verwijderd. Ook zonder deze luchtfiltratiestappen wordt geen risico verwacht van Q-koorts en fijnstof voor de drinkwaterkwaliteit. Het filter is ook geschikt voor de verwijdering van *Giardia*-cysten en *Cryptosporidium*-oöcysten en *E. coli* en andere bacteriën. Met het absoluutfilter H13 voor de ademplucht van de reinwaterkelders worden bovengenoemde componenten voor minstens 99,95% verwijderd. Gassen worden niet tegengehouden door de luchtfilters.

7.9 Aanbevelingen

- De lucht voor de cascadebeluchting en voor de blowers van de dubbellaagsfilter, voorfilter en nafilters wordt gefiltreerd met een G4 grofstoffilter gevolgd door een F9 fijnstoffilter. Dit is een goede manier om potentieel in de lucht aanwezige Q-koorts bacteriën, (oö)cysten en enterobacteriën uit de lucht te verwijderen en er wordt aanbevolen om deze combinatie te behouden.
- Er wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar de emissie van pathogenen bij de huidige bemestingstechnieken op gras- of akkerland om de noodzaak van het plaatsen van absoluutfilters op alle plekken waar lucht wordt ingenomen na te gaan.
- Mochten ooit bestrijdingsmiddelen in het water van pb Nietap in te hoge concentraties worden aangetroffen, dan wordt aanbevolen om onderzoek te doen naar het aandeel dat de aanvoer via de lucht hierin heeft. Dit kan door met verspreidingsmodellen computersimulaties uit te laten voeren met hierin gedetailleerde informatie over onder meer gewastypes, het bestrijdingsmiddelengebruik in de omgeving van het productiebedrijf (type, hoeveelheden, doseringen per jaar), afstand tot het waterproductiebedrijf, verschillende driftpercentages, nalevering door verdamping en weerstypes. Dit kan het beste door een gespecialiseerde onderzoeksgroep worden gedaan. Exacte gegevens over welke bestrijdingsmiddelen welk marktaandeel hebben zijn echter moeilijk verkrijgbaar.

8 Risicoanalyse pb Annen (WMD): bestrijdingsmiddelen en pathogenen uit intensieve landbouw

8.1 Samenvatting

Pb Annen (Waterleidingmaatschappij Drenthe) ligt in het noorden van Drenthe in het landelijk gebied met intensieve landbouw in de buurt. Het productieproces bestaat uit voorfiltratie, ontzuring en nafiltratie. Lucht wordt ingenomen voor de compressoren van de voorfiltratie, voor de ventilatoren van de ontzuring en voor de blowers voor de spoellucht. De lucht wordt gefiltreerd met een F9 fijnstoffilter. Ook elk van de drie reinwaterkelders heeft een eigen F9 fijnstoffilter. In de ontzuringkolommen wordt de grootste hoeveelheid lucht gebruikt (RQ = 5). Deze zuiveringsstap kan daarom als de meest risicovolle worden beschouwd wat betreft de risico's van lucht. De risico's van het gebruik van lucht zijn vergelijkbaar met die van pb Nietap.

8.2 Inleiding

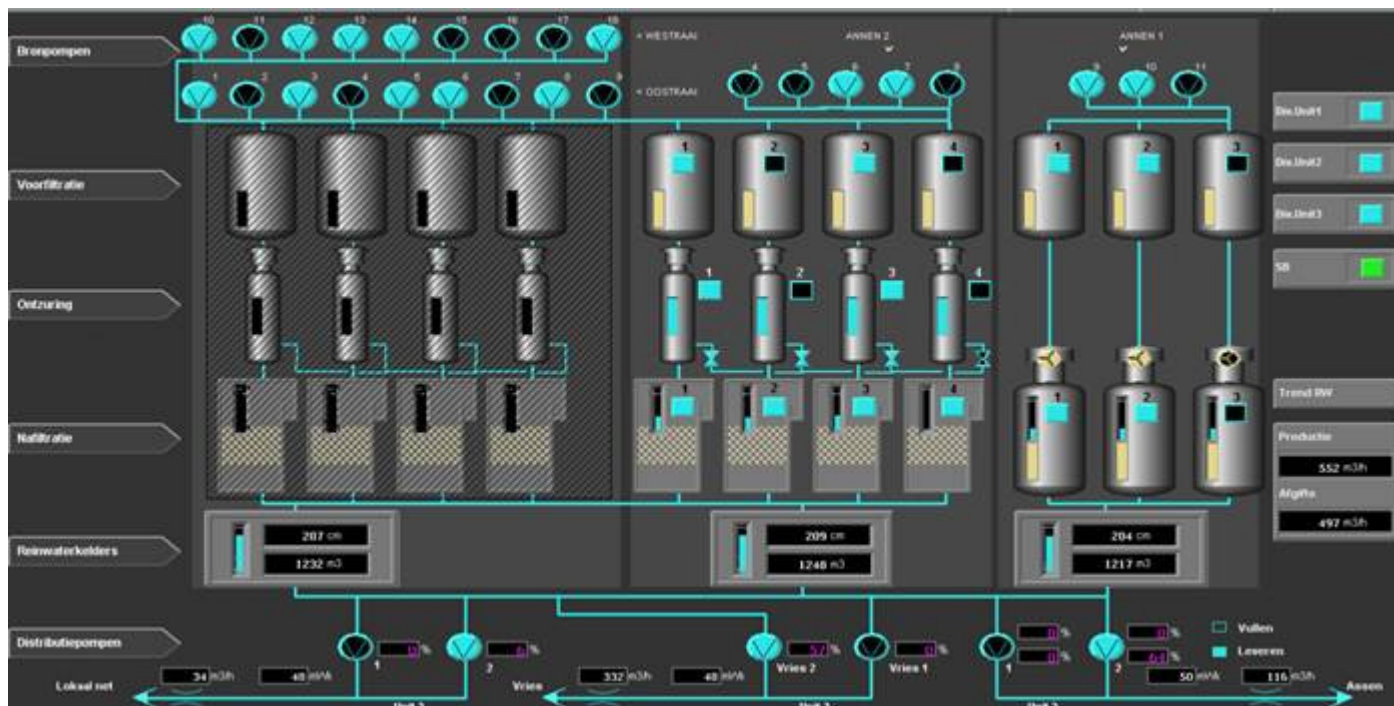
Het productiebedrijf (pb) Annen (Waterleidingmaatschappij Drenthe) is gelegen in Annen aan de Spijkerboorsdijk 6B. De jaarproductie van dit grondwaterbedrijf is circa 4 miljoen m³ drinkwater en dat wordt deels naar Drenthe en deels in Groningen gedistribueerd. Pb Nietap ligt in het landelijk gebied (Figuur 13) met intensieve landbouw in de buurt. Dit zou kunnen leiden tot een potentieel risico bij het gebruik van de lucht tijdens voorfiltratie, ontzuring of nafiltratie of in de reinwaterkelders als de lucht in de omgeving bijvoorbeeld te hoge concentraties ammoniak, bacteriën of bestrijdingsmiddelen bevat. In dit hoofdstuk worden de risico's besproken van het gebruik van lucht voor de drinkwaterkwaliteit van pb Annen.

8.3 Zuiveringsproces

Het productieproces bestaat uit:

- Voorfiltratie (druk),
- Ontzuring,
- Nafiltratie,
- Spoelwaterhergebruik
- Reinwaterkelders

De zuivering is verdeeld over 2 units (Figuur 16). Unit 1 bestaat uit drie voorfilters, drie ontzuringskolommen en drie nafilts. Unit 2 bestaat uit vier voorfilters, vier ontzuringskolommen en vier nafilts. De totale jaarproductie is circa 4 miljoen m³. Het bijstaan van een voorfilter, ontzuringskolom of nafilts is afhankelijk van de productie.



Figuur 16. Het zuiveringsproces van pb Annen bestaande uit twee units (het gearceerde gedeelte is niet van toepassing) met voorfiltratie, ontzuring en nafiltratie.

8.4 Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-water verhoudingen

Beide zuiveringsunits op pb Annen hebben een eigen luchtzuivering/luchtfilter, twee in totaal voor geforceerde luchtinbreng. Lucht wordt ingenomen voor de compressoren van de voorfiltratie, voor de ventilatoren van de ontzuring en voor de blowers voor de spoellucht. Hiervoor wordt een F9 fijnstoffilter gebruikt. Een compressor blaast continu lucht door de drukfilters als ze in bedrijf zijn. Het contact tussen lucht en water is intensief (meestroom). In de ontzuringkolommen wordt met een ventilator lucht ingebracht met een debiet van 360 m³/uur. Door het pakkingsmateriaal en de tegenstroom is het contact tussen water en lucht zeer intensief.

Elk van de drie reinwaterkelders heeft een eigen F9 fijnstoffilter (ongeforceerd). De waterstand in de reinwaterkelders fluctueert tussen de 130 cm en 220 cm. Deze peilvariatie resulteert in een hoeveelheid lucht van circa 537 m³ per dag per reinwaterkelder. Er is een passieve uitwisseling tussen de grensvlakken van lucht en water. In Tabel 41 staan enige technische data vermeld van de twee fijnstoffiltertypes die op pb Annen gebruikt worden.

Tabel 41. Technische data over de gebruikte fijnstoffilters F7 en F9 op pb Annen.

Technical Data

Luwa Fine Dust Filter	FP-	65-610	75-610	85-610	95-610	98-610
Air flow (normal service life)	m ³ /h	5000	5000	5000	5000	4250
Initial pressure drop	Pa	140	140	145	160	190
Rated air flow (long service life)	m ³ /h	4250	4250	4250	4250	3400
Initial pressure drop	Pa	100	100	105	120	140
Filter class as per EN 779	-	F6	F6	F7	F8	F9
Filter class as per EUROVENT 4/5, DIN 24185	-	EU6	EU6	EU7	EU8	EU9
Efficiency (atmospheric) average ³⁾ , EN 779	%	70	70	82	93	98
Arrestance (gravimetric) average ³⁾ , EN 779	%	>95	>98	>99	>99	~100

³⁾ measured according to ASHRAE 52.1 and EUROVENT

De voorfilters en nafilts worden zowel met lucht gespoeld als met lucht en water (Tabel 42). Er is intensief contact tussen lucht en water in de filterbodem. Spoelingen vinden plaats na vaste hoeveelheden behandeld water. Voor de voorfilters van unit 1 is dit na ongeveer 46 uur en voor de nafilts na ongeveer 270 uur. De voorfilters van unit 2 worden ongeveer om de 25 uur gespoeld en de nafilts ongeveer om de 230 uur.

Tabel 42. Spoelprogramma's van de voor- en nafilts bij pb Annen.

Filterstap	Frequentie spoeling	Duur luchtspoeling (minuten)	Debiet luchtspoeling (m ³ /uur)	Duur lucht-waterspoeling (minuten)	Debiet lucht-waterspoeling (m ³ /uur)
VF Unit 1	Na 3500 m ³	5	162	15	162/125
NF Unit 1	Na 20.000 m ³	5	350	10	350/200
VF Unit 2	Na 5.000 m ³	5	705	18	705/200
NF Unit 2	Na 40.000 m ³	5	1000	13	1000/400

Tabel 43 geeft een overzicht van het luchtgebruik op pb Nietap. In de ontzuringkolommen wordt de grootste hoeveelheid lucht gebruikt, is de lucht-waterverhouding het hoogst en is het contact tussen lucht en water het meest intensief. Deze zuiveringsstap kan daarom als de meest risicovolle worden beschouwd wat betreft het gebruik van lucht.

Tabel 43. Water- en luchtdebieten op pb Nietap.

Proces	Debieten luchtstromen (m ³ /uur)	Waterdebieten (m ³ /uur)	Verhouding lucht-water, RQ	Luchtgebruik continu of met intervallen?	Contact met lucht
Unit 1					
Voorfiltratie	14	75 (per filter)	0,2	Continu	Intensief (meestroom)
Ontzuring	360 per ontzuringsventilator	75 (per kolom)	5	Continu	Zeer intensief (tegenstroom)
Luchtspoeling VF	13,5 m ³ **	12,25 m ³ ***	1,1	Interval, na 3500 m ³	Intensief
Lucht-water spoeling VF	162	125	1,3	Interval, na 3500 m ³	Intensief
Luchtspoeling NF	29,2**	13,65 m ³ ***	2,1	Interval, na 20.000 m ³	Intensief
Lucht-water spoeling NF	350	200	1,8	Interval, na 20.000 m ³	Intensief
Unit 2					
Voorfiltratie	45	200 (per filter)	0,2	Continu	Intensief (meestroom)
Ontzuring	360 per ontzuringsventilator	200 (per kolom)	1,8	Continu	Zeer intensief (tegenstroom)
Luchtspoeling VF	59 m ³ ***	34,5 ***	1,7	Interval, na 5000 m ³	Intensief
Lucht-water spoeling VF	705	200	3,5	Interval, na 5000 m ³	Intensief
Luchtspoeling NF	83 m ³ **	37,5 ***	2,2	Interval, na 40.000 m ³	Intensief
Lucht-water spoeling NF	1000	400	2,5	Interval, na 40.000 m ³	Intensief
Reinwaterkelders	3 x 557 m ³ /dag	457	0,15	Continu	Passief: grensvlak-uitwisseling

** volume spoellucht per luchtspoeling berekend m.b.v. Tabel 42.

*** volume leeg bed

8.5 Omgeving en luchtverontreiniging

Pb Annen is gelegen in Annen aan de Spijkerboorsdijk 6B. Het ligt in het landelijk gebied van de provincie Drenthe (Figuur 13) met veel intensieve landbouw in de buurt, waaronder veel bouwland/akkerbouw. Dit zou kunnen leiden tot verhoogde concentraties in de lucht van bijvoorbeeld ammoniak, bestrijdingsmiddelen of micro-organismen (tijdens bemesting) en tot een mogelijk risico voor de drinkwaterkwaliteit.

Enkele jaren geleden werd de omliggende landbouwgrond nog bemest door middel van versproeiing boven het maaiveld. In 1996/1997 was zuiveringsunit 2 net in gebruik genomen. De luchtfilters waren al geplaatst, maar de pakking in de luchtleiding van de ontzuring sloot niet goed af. Vlak na opstart van unit 2 is eenmalig *E. coli* aangetroffen in het reine water (1 kve/100 ml) waarvan vermoed werd dat dit het gevolg was van bemesting in de omgeving.

Er waren tijdens de Q-koorts uitbraken in 2009/2010 geen Q-koortshaarden in de buurt van pb Annen. De dichtstbijzijnde was op circa 30 km afstand.

Een lokaal paasvuur dat één maal per jaar binnen een afstand van 500 meter van het productiebedrijf werd aangestoken werden door WLN en WMD ook als risico ervaren, maar inmiddels vindt dat niet meer plaats.

8.6 Methodes en gebruikte informatiebronnen

Voor de gebruikte methodes wordt verwezen naar paragraaf 7.6 van het hoofdstuk over pb Nietap. In de ontzuringkolommen is het luchtgebruik het hoogst (RQ = 5) en meest intensief. Volledige stofoverdracht van verontreinigingen van lucht naar water met RQ = 5 kan daarom worden beschouwd als een worst case situatie voor het gebruik van lucht in de zuivering van pb Annen.

8.7 Resultaten en discussie pb Annen

8.7.1 Inleiding

Omdat de gegevens over de luchtkwaliteit bij pb Annen niet heel specifiek bekend zijn en omdat van een *worst case* situatie van de luchtkwaliteit wordt uitgegaan, worden voor pb Annen dezelfde luchtkwaliteitsgegevens gebruikt als voor pb Nietap.

8.7.2 Worst case concentraties chemische verontreinigingen in water

In Tabel 33 van het hoofdstuk over pb Nietap zijn de maximaal berekende concentraties van luchtverontreinigende componenten in de waterfase berekend met behulp van de lucht-waterverhouding van de cascades (RQ = 9). Deze concentraties worden circa een factor 2 lager als de lucht-waterverhouding in de ontzuringskolommen (RQ = 5) van pb Annen wordt gebruikt.

Het reine water van pb Annen voldoet aan de normen van het Drinkwaterbesluit voor de in Tabel 33 genoemde stoffen (voor zover ze in het Drinkwaterbesluit genoemd worden) en het aandeel van deze stoffen aan de concentratie in het reine water via de luchtroute is nihil.

Van de stoffen genoemd in Tabel 33 wordt daarom geen risico verwacht voor de drinkwaterkwaliteit als gevolg van luchtgebruik in de zuivering van pb Annen.

8.7.3 Risico's bestrijdingsmiddelen

Voor de risico's van bestrijdingsmiddelen in de lucht voor de drinkwaterkwaliteit van pb Annen wordt verwezen naar de analyse in paragraaf 7.7.4 van het hoofdstuk over pb Nietap. Op basis van de maximale lucht-waterverhoudingen zullen de concentraties in het water bij pb Annen circa een factor 2 lager zijn dan bij pb Nietap. In het reine water van pb Annen zijn na metingen nooit bestrijdingsmiddelen aangetroffen.

8.7.4 Risico's ziekteverwekkers in mest

Voor de risico's van ziekteverwekkende micro-organismen die tijdens de bemesting in de lucht en daarna mogelijk in het water van pb Annen terechtkomen, wordt verwezen naar de analyse in paragraaf 7.7.6 van het hoofdstuk over pb Nietap. Op basis van de maximale lucht-watervedhoudingen zullen de concentraties in het water bij pb Annen circa een factor 2 lager zijn dan bij pb Nietap.

Enkele jaren geleden werd de omliggende landbouwgrond nog bemest middels verspuiten boven het maaiveld. In 1996/1997 was zuiveringsunit 2 net in gebruik genomen. De luchtfilters waren al geplaatst, maar de pakking in de luchtleiding van de ontzuring sloot niet goed af. Vlak na opstart van unit 2 is eenmalig *E. coli* aangetroffen in het reine water (1 kve/100 ml) waarvan vermoed werd dat dit het gevolg was van bemesting in de omgeving.

Dit geeft aan dat bemesting een risico kan zijn voor de drinkwaterkwaliteit. Momenteel is het niet meer toegestaan om mest te verspuiten, maar moet de vloeibare mest direct ondergewerkt worden, zodat de emissie van ziekteverwekkende pathogenen naar de lucht wordt verminderd. Hoe groot de emissie nog is, is niet bekend. Het toegepaste F9 fijnstoffilter zal pathogene micro-organismen voor minimaal 95% uit de lucht verwijderen.

8.8 Conclusies

- Maximaal gemeten concentraties van gassen en zware metalen in de lucht (componenten: zie Tabel 33) gemeten in het Landelijk Meetnet Luchtverontreiniging in de regio van pb Annen geven aan dat gebruik van lucht in de zuivering van pb Annen voor deze componenten geen risico oplevert voor de drinkwaterkwaliteit.
- Op grond van de uitgevoerde risicoanalyse is niet uit te sluiten dat pathogene micro-organismen als *Giardia* en *Cryptosporidium* na bemesting van landbouwgronden in de directe omgeving een risico opleveren voor de drinkwaterkwaliteit van een waterproductiebedrijf. De emissiesnelheid en overleving van de pathogenen na bemesting zijn de meest onzekere factoren in de analyse. Gebruik van kalvermest geeft het grootste risico. Met het fijnstoffilter F9, dat op pb Annen geïnstalleerd is, worden *Giardia*-cysten en *Cryptosporidium*-oöcysten en *E. coli* voor minimaal 95% verwijderd.
- Gebruik van bestrijdingsmiddelen in laag groeiende teelten, zoals aardappelen, graan en bieten leiden niet tot concentraties boven 0,1 µg/l in het drinkwater, ook als het productiebedrijf op 200 meter afstand van het perceel is gevestigd, indien voldoende driftreducerende maatregelen zijn getroffen, zoals niet te kleine druppels toedienen en bijvoorbeeld emissieschermen gebruiken.
- Gewassen waarbij bestrijdingsmiddelengebruik leidt tot hoge spray drift (bijvoorbeeld bij fruitteeltbedrijven) kunnen op 200 meter van de rand van het perceel leiden tot concentraties in de lucht boven de 10 µg/m³ bij ongunstige windrichting en -kracht (8 m/s) of als met te kleine druppeltjes wordt bespoten en verder geen driftreducerende maatregelen zijn getroffen. Bij intensieve beluchtingsprocessen kan dit in het meest ongunstige geval (volledige stofoverdracht bij de ontzuringskolommen) leiden tot concentraties boven 0,1 µg/l in het water van pb Annen. Bestrijdingsmiddelen zijn echter niet aangetoond in het reine water van pb Annen met behulp van metingen.

8.9 Aanbevelingen

- Zowel in het zuiveringsproces als bij de reinwaterkelders wordt de lucht gefiltreerd met F9 fijnstoffilters op pb Annen. Dit is een goede manier om potentieel in de lucht aanwezige pathogenen uit de lucht te verwijderen en er wordt aanbevolen om dit type luchtfilter combinatie te behouden.
- Er wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar de emissie van pathogenen bij de huidige bemestingstechnieken op gras- of akkerland om de noodzaak van het plaatsen van absoluutfilters op plekken waar lucht wordt ingenomen na te gaan.

- Als uit metingen van WLN blijkt dat bestrijdingsmiddelen in het water van pb Nietap in te hoge concentraties wordt aangetroffen, wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar het aandeel dat de aanvoer via de lucht hierin kan hebben.

9 Risicoanalyse OPB de Beitel (WML): industrie, snelweg en Q-koorts

9.1 Samenvatting

OPB de Beitel (WML) is gelegen op een industrieterrein in Heerlen, waarvandaan mogelijk risicovolle emissies naar de lucht zouden kunnen optreden. Het ruwe water voor OPB De Beitel is afkomstig van twee grondwaterwinningen: Craubeek en Roodborn. Het zuiveringsproces op OPB de Beitel bestaat uit lage druk UV-desinfectie, sproeinet en luchtinbreng voor CO₂-verwijdering, ontharding en carry-over filtratie. Op OPB de Beitel wordt buitenlucht gebruikt voor CO₂-verwijdering in de ruwwaterkelder en voor het terugspoelen van de carry-over filters.

Er worden verschillende luchtfilters gebruikt op verschillende plekken waar lucht wordt ingenomen. De lucht die gebruikt wordt voor de CO₂-verwijdering wordt gefiltreerd met achtereenvolgens een F7 fijnstoffilter en een H13 absoluutfilter. Spoellucht voor de carry-over filters wordt gefiltreerd met een F7 fijnstoffilter. De lucht voor beluchten van de filters wordt gefiltreerd met een fijnstoffilter F7 en een H13 absoluutfilter. Een absoluutfilter H13 filtreert de ademlucht van de reinwaterkelder. Voor de CO₂-verwijdering wordt de meeste lucht gebruikt (RQ = 10).

Uit een worst case berekening met het Gaussisch pluimmodel van de uitstoot van de bedrijven op industrieterrein de Beitel blijkt dat deze emissies (o.a. decaline, hexaan, toluen en methylisobutylketon) niet leiden tot verontrustende concentraties in het drinkwater (< 0,1 µg/l) en voor zover er normen in het Drinkwaterbesluit voor deze stoffen zijn, blijven ze hier onder.

OPB De Beitel ligt op circa 1 kilometer afstand van de snelweg A76. Aangezien dit een relatief grote afstand is zal dit bij OPB De Beitel nauwelijks leiden tot een verhoging van bijvoorbeeld fijnstof of andere componenten in uitlaatgassen ten opzichte van de achtergrondconcentratie.

De dichtstbijzijnde Q-koortshaard in 2009 (tijdens de Q-koortsuitbraak in Nederland) lag op circa 5 km afstand van OPB De Beitel en op 3,6 km afstand van de winning Roodborn waar een cascadeachtige beluchting plaatsvindt. Het risico van infectie met Q-koorts via drinkwater is echter verwaarloosbaar klein ten opzichte van het risico door directe inademing van de Q-koorts bacterie.

Op grond van de huidige risicoanalyse kan gesteld worden dat het gebruik van het absoluutfilters niet noodzakelijk lijkt op OPB de Beitel om risico's van luchtgebruik in de zuivering tegen te gaan.

9.2 Inleiding

Het onthardingsproductiebedrijf (OPB) de Beitel (WML) is gelegen in Heerlen aan de Eisterweg 2. OPB de Beitel ontvangt water van twee grondwaterwinningen, Craubeek en Roodborn. Jaarlijks wordt circa 6,5 miljoen m³ drinkwater geproduceerd voor (delen van) Heerlen, Gulpen-Wittem, Voerendaal, Simpelveld, Landgraaf en enkele andere kleinere plaatsen. De gemiddelde drinkwaterproductie is 715 m³/uur.

OPB de Beitel is gelegen op een industrieterrein met onder andere Scotts Europe (meststoffenvervaardiging), DSM (vervaardiging van synthetische vezels), Moxba-metrex (afvalverwerking) op enkele honderden meters afstand, die risicovolle emissies zouden kunnen veroorzaken. Verder liggen de winningen en OPB de Beitel slechts enkele kilometers afstand van de Q-koortsgebieden in 2009.

Omdat op OPB de Beitel buitenlucht gebruikt wordt voor CO₂-verwijdering in de ruwwaterkelder, voor het terugspoelen van de carry over filters en omdat de reinwaterkelder in contact staan met de buitenlucht is onderzoek naar de risico's van het gebruik van lucht relevant.

9.3 Zuiveringsproces

Het zuiveringsproces op OPB de Beitel bestaat uit:

- De winningen Craubeek (4,6 miljoen m³/jaar) en Roodborn (1,8 miljoen m³/jaar): twee aparte winvelden met pompputten. Op Roodborn vindt een eerste beluchting plaats door middel van een cascade-achtige constructie. De luchtverversing is natuurlijk.
- Gezamenlijke aanvoer van deze twee satellieten naar OPB de Beitel, over een heuvel heen. Middels een drukklep in het inkomend water op OPB de Beitel wordt er voor gezorgd dat druk boven op heuvel positief blijft.
- Lage druk UV-desinfectie.
- Sproeinnet en luchtinbreng in ruwwater kelder voor CO₂-verwijdering. Het water wordt onder redelijk hoge druk (0,5 - 1 bar) versproeid/verneveld in kleine druppeltjes (circa 1 mm). Het ruwwaterpeil is nagenoeg constant in verband met de benodigde valhoogte van de druppels.
- Ontharding met natronloog tot circa 1,1 mmol/l.
- Bovenin de onthardingsreactor CO₂-dosering voor pH verlaging.
- Carry-over filtratie.
- Reinwaterberging en hoge drukpompen. Er is een mogelijkheid om Duits water bij te mengen (nitraat-arm en zeer zacht).

9.4 Luchtgebruik, luchtfiltratie en lucht-waterverhoudingen

Lucht wordt op verschillende plekken ingenomen:

1. Langs de weg rondom de OPB, binnen het eigen hek, op 1 à 2 meter vanaf de grond, van buitenaf, met als doel om uit het versproeide ruwwater CO₂ te verwijderen. Daardoor kan dieper onthard worden met dezelfde hoeveelheid natronloog.
2. Bedrijfslucht wordt gebruikt als spoellucht, lucht in ruimtes boven filters, lucht in reinwaterkelders.
 - De spoellucht wordt op dezelfde manier aangezogen als hierboven genoemd, op een hoogte van ongeveer 2,5 m boven de grond. Doel is het spoelen van de carry-over filters.
 - De stuurlicht via de compressor dient onder andere om de waterslagvaten op druk te houden. De lucht wordt aangezogen vanuit de binnenruimte van OPB de Beitel. Op DVI (drukvermeerderingsinstallatie) de Beitel worden de waterslagvaten eveneens op druk gehouden door stuurlichtcompressoren.
 - Het beluchten van de filters gebeurt met buitenlucht (aanvoer op hoogte van ongeveer 12 m). Fluctuatie van het waterniveau is minimaal.
 - Beluchting van reinwaterkelders. Via LUWA-filter op het reservoir binnen het hekwerk op een hoogte van ongeveer 10 meter.

Er worden verschillende luchtfilters gebruikt op verschillende plekken waar lucht wordt ingenomen.

Luchtbehandeling ten behoeve van CO₂-verwijdering uit het versproeide ruwe water

- o Luchtbehandeling = luchtinlaat, luchtfiltratie (fijnstoffilter F7 en absoluutfilter H13), luchtverwarming, ventilator, kanalenwerk naar beide ruwwaterkelders en luchtuitlaat. Verwarming nodig om bij koude en hoge luchtvochtigheid dichtslaan van luchtfilters te voorkomen.
- o Aan luchtafvoerszijde duikschot en demisters om zoveel mogelijk water terug te winnen. Dit water wordt niet gedesinfecteerd, maar loopt zo terug de ruwwaterkelder in. Bij het afvoerpunt van lucht is gezorgd dat er geen terugstroom van ongefilterde lucht naar ruwwaterkelder kan optreden.
- o De aanvoer en afvoer van lucht zijn voorzien van een molestbeveiliging. Deze beveiliging houdt in dat de aan- en afvoer in de gevels dienen te voldoen aan de eisen geldig voor een object met 'open' ruwwater (beschreven in 'Handboek Beveiligingsmaatregelen, Deel 1: Productie-Installaties', 8 februari 2006 van WML).

Overige luchtbehandeling

- De spoellucht wordt via gegalvaniseerde kokers door een fijnstoffilter (F7) aangezogen door twee blowers. Er is overgestapt van zakkenfilters op cassettefilters, omdat deze hun stevigheid en vorm behouden ook als ze nat zijn. Er worden op deze plek geen absoluutfilters gebruikt. In de blower zelf zit nog een fijnstoffilter waar het type niet van bekend is. De spoellucht gaat via gecoate stalen leidingen naar het betreffende filter dat gespoeld wordt.
- Beluchten en ontlichten van de filters door PE leidingen tijdens normaal filtratiebedrijf. De lucht gaat door een filterkast (fijnstoffilter F7 en absoluutfilter H13).
- Een LUWA-filter (absoluutfilter H13) filtreert de ademlucht van de reinwaterkelder.

Met deze luchtfilters worden (volgens de leverancier) stof, deeltjes en aerosolen verwijderd. Er wordt op OPB de Beitel niet gemonitord of de gewenste componenten daadwerkelijk verwijderd worden. Wel wordt de drukval gemonitord om te bewaken dat luchtfilters niet verstopten en worden storingen aan luchtverwarming en ventilatie gemeld.

De ontwerp lucht-water verhouding (RQ) voor de CO₂-verwijdering uit het ruwe water is 10. Het maximale debiet van de OPB de Beitel is 1400 m³/uur, dus maximaal luchtdebiet is 14.000 m³/uur. Het jaarlijkse luchtgebruik op deze plek in de zuivering is circa 65 miljoen m³.

De hoeveelheid ingaande lucht in de ruwwaterkelder tijdens een gemiddelde dag is onafhankelijk van het peil in de kelder, omdat sprake is van geforceerde beluchting.

Bedrijfs lucht wordt gebruikt om persluchtsysteem te voeden en om de hydrofoor aan te vullen. De lucht wordt gecompriemd in een compressor tot ongeveer 10 bar. Daarna zijn er twee luchtsystemen, een voor perslucht (niet gefilterd op olie) en een voor hydrofoor. De lucht richting hydrofoors wordt gefilterd met een perslucht filter (microfilter) en daarachter een actief koolfilter om onder andere olie tegen te houden. De hoeveelheid gebruikte lucht is lastig in te schatten, maar zal zeer gering en niet risicobepalend zijn. Er hoeft alleen voor lucht die in water oplost gecompenseerd te worden.

Er zijn twee blowers ten behoeve van de spoellucht. De capaciteit van de spoellucht is 2100 m³/uur, voor ongeveer 10 minuten per spoelbeurt per filter. De looptijd van een filter is ongeveer 1000 uur en er zijn 8 filters. Hieruit volgt dat er in totaal ongeveer 70 spoelingen per jaar zijn. De totale hoeveelheid lucht die hiervoor wordt ingenomen is ongeveer 25.000 m³/jaar en dus niet risicobepalend. Het spoelwater wordt niet hergebruikt, dus verontreinigingen in het spoelwater kunnen niet in het drinkwater terecht komen.

Tabel 44. Waterdebieten en luchtgebruik op OPB de Beitel.

Proces	Debieten luchtstromen (m ³ /uur)	Waterdebieten (m ³ /uur)	Verhouding lucht/water, RQ	Luchtgebruik continu of met intervallen?	Contact met lucht
Cascade Roodborn	Niet bekend*	205 (gem.)	Niet bekend	Continu	Intensief
CO ₂ -verwijdering versproeide ruwe water	14.000 (max) 7150 (gem.)	1400 (max) 715 (gem.)	10	Continu	Zeer intensief: verneveling water tot 1 mm druppeltjes
Bedrijfs lucht persluchtsysteem	Laag, niet exact bekend en niet risicobepalend	Niet bekend	Niet bekend	Interval onbekend	Intensief
Spoellucht Carry over filters	2.100; 25.000 m ³ /jaar	1200	1,75	Gedurende filterspoeling: 10 min. per 1000 uur	Intensief
Beademing reinwaterkelders	1470 m ³ /dag	715	0,09	Gedurende leegmaken kelder (dagritme)	Passief

* Hier is geen geforceerde beluchting, alleen maar natuurlijk, dus minimale verversing en minimaal luchtdebiet.

In de reinwaterkelder fluctueert het waterpeil tussen 86% (maximum) en 37% gevuld (kritiek minimum). Dit betekent dat er maximaal een fluctuatie van ongeveer 50% bestaat en dit is een volume van 1470 m³ (Oppervlak = 50 m x 15 m en $\Delta h = 1,96$ m). De reinwaterkelder wordt ongeveer zes maal per dag ververst. Dit is relatief vaak, omdat de kelder een "klein" volume heeft van 3000 m³. De ademlucht komt per dag via passieve grensvlakuitwisseling in contact met circa 17160 m³ geproduceerd drinkwater (715 m³/uur). Hieruit volgt een lucht-water verhouding van 0,09.

Er zijn bij WML geen richtlijnen voor het productiebedrijf bij een calamiteit (luchtverontreiniging in de omgeving). Alleen bij kernongevallen en radiologische incidenten heeft WML een meetstrategie die afgeleid is van DRIMKO, Implementatie meetstrategie drinkwater bij kernongevallen (Kwakman en Reinen, 2008). Bedrijfsstandpunt is dat bij dat soort gevallen wordt overgegaan op natuurlijke beluchting en niet standaard absoluut filtratie wordt toegepast, voor zover het proces dat toelaat. WML moet nog nagaan voor welke productielocaties overgegaan zou worden op natuurlijke beluchting, maar wacht daarmee totdat VROM Inspectie een standpunt heeft ingenomen ten aanzien van het stoppen met beluchten in plaats van absoluutfiltratie.

De huidige risicoanalyse zal door WML gebruikt worden om bedrijfsbreed en uniform beleid te formuleren en implementeren over toepassing van absoluutfiltratie.

Ten tijde van een calamiteit kan bij OPB de Beitel zondermeer gestopt worden met beluchting door versproeiing, omdat het hier om een comfortparameter gaat, die ook nog behaald kan worden door dieper ontharden. Spoellucht kan eventueel ook gemist worden, omdat de dubbellaagsfilters met bedexpansie met water worden gespoeld. Overigens kan bij een calamiteit de gehele ontharding en nafiltratie worden gebypast. Alleen het ademen van de reinwaterkelders blijft noodzakelijk, maar die hebben LUWA kappen (absoluutfilter H13).

9.5 Omgeving en luchtverontreiniging

OPB de Beitel is gelegen in Heerlen aan de Eisterweg 2 op industrieterrein de Beitel. Bedrijventerrein de Beitel is met een oppervlakte van circa 132 hectare het grootste bedrijventerrein in de regio Parkstad Limburg. De Beitel bestaat hoofdzakelijk uit grote en middelgrote, bovenregionale bedrijvigheid (Figuur 17). De gevestigde bedrijven zijn met name actief in de sectoren groothandel, industrie, transport en distributie. De belangrijkste bedrijven op het industrieterrein rondom OPB De Beitel (binnen een straal van 1000 meter) zijn hieronder genoemd.

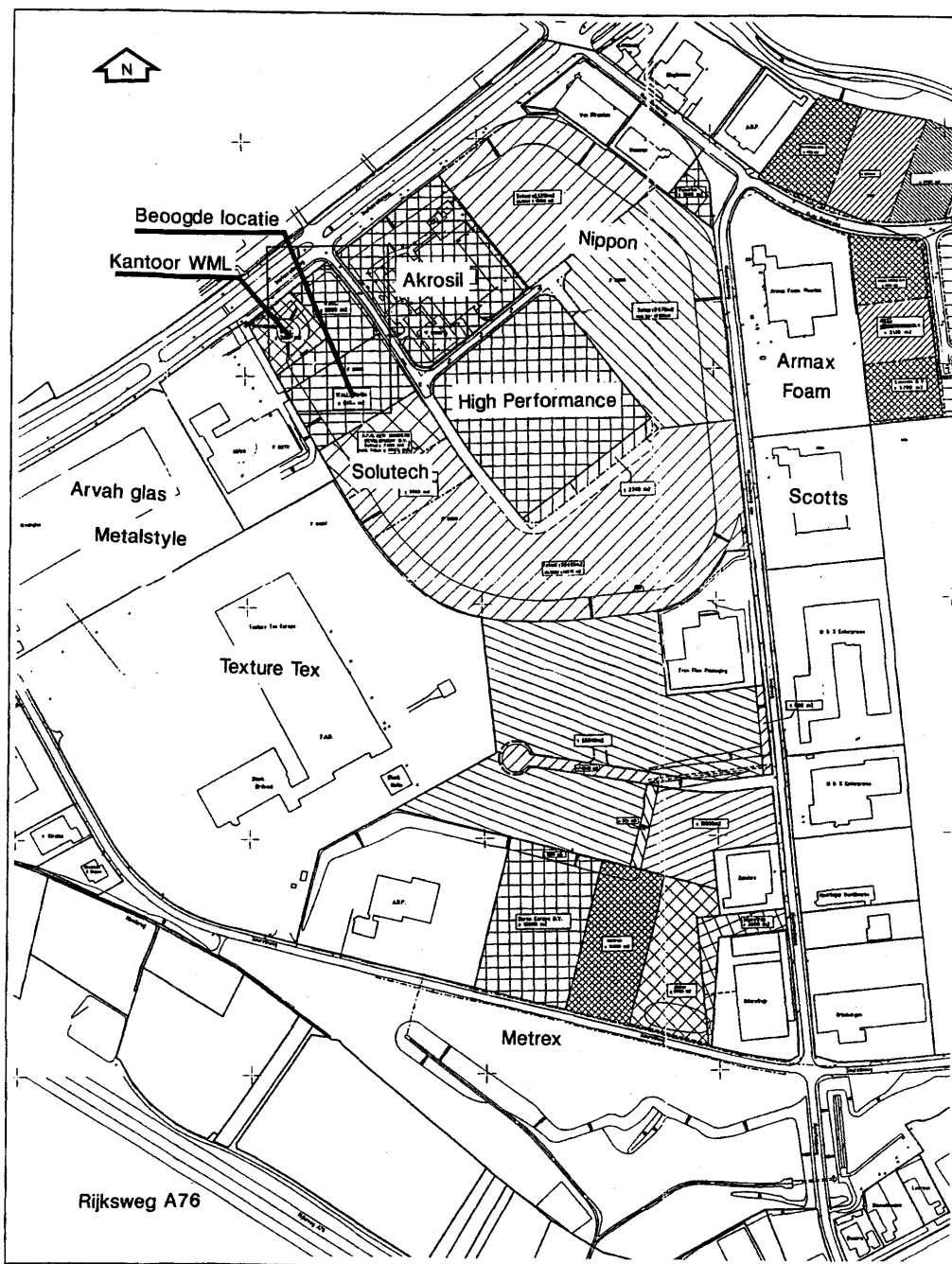
- Agro-de Jonge, Oude Roderweg 4, 6422PE Heerlen
Activiteit: Opslag nitraathoudende kunstmest (400 ton) en bestrijdingsmiddelen (4 ton)
- Euro Frigo Venlo Bv, Oude Roderweg 23, 6422 PE Heerlen
Activiteit: opslag ammoniak in koelhuizen
3000 kg Ammoniak aanwezig in de ammoniakinstallatie
- Scotts Europe BV, Nijverheidsweg 5, 6422PD Heerlen
Hoofdactiviteit: vervaardiging van meststoffen en daarmee samenhangende stikstofverbindingen, opslag > 1000 ton
verder: opslag 130 m³ K2-vloeistoffen, 8 m³ LPG-tank
- Flopak BV, Nijverheidsweg 4, 6422PD, Heerlen
Risico: 20 m³ bovengrondse tank met propaan of ander vloeibaar gemaakt brandbaar gas
Hoofdactiviteit: Vervaardiging van verpakkingsmiddelen van kunststof
- Soft Drink International (SDI), Nijverheidsweg 17, 6422PD Heerlen
Hoofdactiviteit: Vervaardiging van mineraalwater en frisdranken
Risico: 6 m³ bovengrondse propaantank
- Moxba Metrex, Sourethweg 13, 6422 PC Heerlen
PBZO-inrichting (Preventiebeleid Zware Ongevallen)
Hoofdactiviteit: Diensten voor ophalen en verwerken van afval
- Cloudt, Beitel 112A, 6422PB Heerlen
Hoofdactiviteit: Loodgieters-, fitterswerk; installatie van sanitair
Risico: 3 m³ bovengrondse propaantank

- BP-Tankstation De Beitel, Euregioweg 1, Heerlen
Hoofdactiviteit: Benzineservicestation
Risico: 20 m³ LPG installatie ondergronds
- DSM Dyneema/High Performance Fibers, Eisterweg 3, 6422 PN Heerlen
Hoofdactiviteit: vervaardiging synthetische vezels
- Nippon Carbide Industries (Netherlands) BV
Eisterweg 5, 6422 PN Heerlen
Activiteit: vervaardiging fotochemische producten

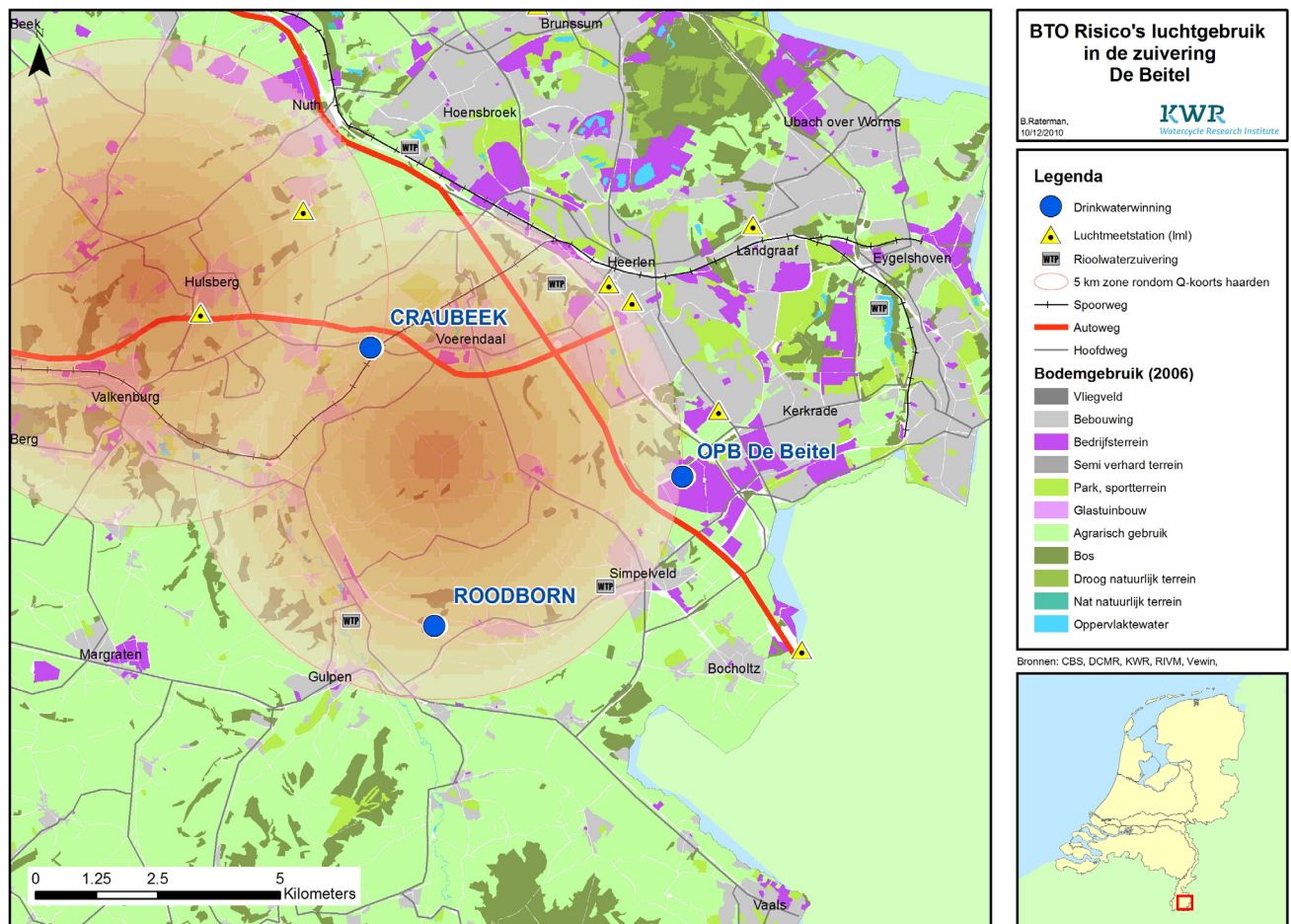
De winning Craubeek is gevestigd in Voerendaal (Terveurt 1) op circa 8 km van OPB de Beitel en de winning Roodborn is gevestigd in Eijs (Piepertsdijk 15) op circa 7 km afstand van OPB De Beitel.

OPB De Beitel ligt op circa 1 kilometer van de snelweg A76 en circa 750 meter van de N281 (Figuur 18). Rijkswaterstaat geeft aan dat de verkeersintensiteit op de A76 bij Simpelveld (nabij industrieterrein De Beitel) circa 34.000 voertuigen per werkdag is. Op een westelijker gedeelte van de A76 (nabij Geleen) is de verkeersintensiteit hoger: circa 80.000 voertuigen per werkdag (gegevens uit 2011).

OPB de Beitel lag in 2009 op circa 5 kilometer van de dichtstbijzijnde Q-koortshaard en de winningen Craubeek (2,6 km) en Roodborn (3,5 km) zelfs nog dichterbij. De potentiële bronnen van luchtverontreiniging in de buurt van OPB De Beitel worden door WML als risico ervaren en daarom wordt luchtfiltratie toegepast. Aan de andere kant is er nog nooit gemeten wat er daadwerkelijk aan verontreiniging de zuivering binnenkomt.



Figuur 17. Overzicht van industrieterrein De Beitel in Heerlen met OPB De Beitel (= beogde locatie). High Performance en Solutech zijn van DSM.



Figuur 18. Omgeving van OPB De Beitel en de winningen Craubeeke en Roodborn met onder andere de Q-koortsgebieden uit 2009 en 2010 hierin aangegeven.

9.6 Rekenmethodes en gebruikte informatiebronnen

In deze risicoanalyse wordt de luchtkwaliteit bij OPB de Beitel vastgesteld. Hierbij wordt uitgegaan van een worst case situaties wat betreft de luchtkwaliteit. Vervolgens wordt met behulp van de water- en luchtdebieten de maximale concentratie van een verontreiniging in het water bepaald.

Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit

Een belangrijke informatiebron voor luchtverontreiniging is het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) van het RIVM. In het LML wordt de luchtkwaliteit op leefniveau bepaald op circa zestig locaties in Nederland. Voor OPB de Beitel zijn de hoogst gemeten waarden gebruikt van luchtverontreinigende componenten in de periode van 2003 tot en met 2007 van enkele meetstations in de buurt van het OPB. Het zijn de meetstations aan de Deken Nicolaystraat en de Looierstraat (beide Heerlen), de Opfergelstraat (Wijnandsrade), Vouershof en Asterstraat (beide Geleen) (Figuur 18). Indien bepaalde componenten niet gemeten worden op deze meetstations is als worst case situatie voor de luchtkwaliteit de hoogste concentratie in Nederland gebruikt, gemeten op een ander meetstation van het LML.

Worst case berekening voor luchtverontreinigende componenten in het water

Voor de bepaling van de worst case concentratie van luchtverontreinigende componenten in het water wordt aangenomen dat de luchtverontreinigende componenten in de lucht volledig in het water terecht

komen. Voor de bepaling van de worst case concentratie in water is een lucht-water-verhouding van 10 gebruikt, die in de ruwwaterkelder voor de verwijdering van CO₂ wordt gehanteerd (Tabel 44). Op één van de winningen, Roodborn, wordt belucht via een cascade-achtige constructie met natuurlijke luchtverversing. De lucht-waterverhouding is vermoedelijk veel kleiner dan 10 en het risico op deze plek wordt verwaarloosbaar geacht ten opzichte van de beluchting van het ruwe water op OPB de Beitel.

Q-koorts

Zie hiervoor de algemene methodebeschrijving in Bijlage en Sales Ortells en Medema (2011).

Lange-termijn gaussisch pluimmodel

Met behulp van het lange-termijn gaussisch pluimmodel wordt een schatting gemaakt van de concentratie van verontreinigingen bij OPB de Beitel door puntemissies van bedrijven te gebruiken bij een geschatte schoorsteenhoogte van 50 meter. In het model spelen onder andere de hoogte van de schoorsteen, de "pluimstijging", de windrichting en de opbouw van de atmosfeer een rol. De berekening gaat uit van een worst case situatie. Er wordt aangenomen dat de emissie van het bedrijf richting OPB de Beitel gaat, tijdens een zonnige, vrijwel windstille dag met een maximale uitstoot. Zie Bijlage voor uitleg over het model.

Calamiteiten

Op het industrieterrein is de kans op calamiteiten groter dan in landelijk gebied. Op een industrieterrein als de Beitel wordt de kans op een ernstige brand ingeschat op één keer in de vijftientig jaar (Senden en Zwamborn, 1995). In hoofdstuk 10 wordt een algemene risicoanalyse uitgevoerd voor branden in de buurt van waterproductiebedrijven.

9.7 Resultaten en discussie OPB de Beitel

9.7.1 Jaargemiddelde concentraties in de buurt van OPB de Beitel

Op de website van het Planbureau voor de Leefomgeving (<http://geoservice.pbl.nl/website/gcn>) wordt via een digitale kaart van Nederland de concentratie weergegeven van enkele luchtverontreinigende componenten. In Tabel 45 zijn de jaargemiddelde concentraties in 2009 weergegeven in de buurt van OPB de Beitel. Dit geeft een goed beeld van de gemiddelde luchtkwaliteit bij OPB de Beitel.

Tabel 45. Jaargemiddelde concentraties in 2009 in de lucht bij OPB de Beitel (Bron: Planbureau voor de Leefomgeving <http://geoservice.pbl.nl/website/gcn>).

Stof	Concentratie in de buurt van OPB de Beitel (µg/m ³)
Benzeen	0,5-1,0
Fijnstof (PM10)	24 - > 26
Fijnstof (PM2,5)	16-18
CO	300-350
CO 98-percentiel	700 - > 800
Ozon	35-45
NO ₂	15-30
SO ₂	1-2

9.7.2 Maximale concentraties van luchtverontreinigende componenten

Om de risico's van het gebruik van lucht in de zuivering vast te stellen is het ook nodig om naar de extreme concentraties te kijken. Voor OPB de Beitel zijn de hoogst gemeten waardes gebruikt van luchtverontreinigende componenten in de periode van 2003 tot en met 2007 van de meetstations in de buurt (zie vorige paragraaf). Indien bepaalde componenten niet gemeten worden op deze meetstations is als worst case de hoogste concentratie in Nederland gebruikt, gemeten op een ander meetstation van het LML (Tabel 46).

Tabel 46. Maximaal gemeten concentraties luchtverontreiniging in de buurt van OPB de Beitel in de periode 2003 tot en met 2007 (bron: RIVM) en berekende maximale concentraties in het water.

Stof	Maximale concentratie lucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meetstation	Toelichting	Jaar	Berekende maximale concentratie in water ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Fijnstof (PM10)	104	Geleen, Asterstr.	24-uurs gemiddelde	2003	1,0
CO	6800	Heerlen, Looierstr.	uurgemiddelde	2003	68
Ozon	276	Heerlen, Deken Nicolayestraat	uurgemiddelde	2006	2,8
Ammoniak*	4	Brunssummerheide	maandgemiddelde	2006 en 2007	0,04
NO ₂	166	Geleen, Vouershof	uurgemiddelde	2003	1,7
NO _x **	1273	Heerlen, Looierstr.	uurgemiddelde	2007	12,7
SO ₂	50	Deken Nicolayestr. Heerlen	uurgemiddelde	2007	0,5
Arseen (ng/m ³)	9,4 ng/m ³	Vlaardingen, Floreslaan	24-uurs gemiddelde	2003	0,09 ng/l
Cadmium	182 ng/m ³	Vlaardingen	24-uurs gemiddelde	2007	1,8 ng/l
Nikkel	30 ng/m ³	Vlaardingen	24-uurs gemiddelde	2007	0,3 ng/l
Lood	533 ng/m ³	Rotterdam	24-uurs gemiddelde	2003	5,3 ng/l
Zink	259 ng/m ³	Vlaardingen	24-uurs gemiddelde	2003	2,6 ng/l
Benzeen	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hoogvliet	uurgemiddelde	2003	1,5 $\mu\text{g}/\text{l}$
VOS totaal***	357 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Maassluis	24-uurs gemiddelde	2007	3,6 $\mu\text{g}/\text{l}$

* Maximale maandgemiddelde op Brunssummerheide, Zuid-Limburg aan de Duitse grens, omgeven door stedelijk gebied (ongeveer 10 km van OPB De Beitel). Het gaat om een zeer laag niveau dat weinig afwijkt van de kustprovincies en het hoge noorden. Ook de geringe variaties in ruimte en tijd bevestigen de afwezigheid van belangrijke bronnen in de omgeving.

** het totale aantal deeltjes stikstofmonoxide en stikstofdioxide

*** som van alkanen, aromaten, gechloroerde alkanen en gechloroerde aromaten.

De maximaal gemeten concentraties in de lucht uit Tabel 46 kunnen worden vergeleken met de EU-grenswaardes voor de luchtkwaliteit (Tabel 58, Bijlage:). De maximale uurgemiddelde concentraties SO₂, NO₂ en CO in de buurt van OPB de Beitel overschrijden niet de overeenkomstige EU-normen. De hoogst gemeten ozonconcentratie in de periode 2003 tot en met 2007 (276 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2006 op de Deken Nicolayestraat in Heerlen) was een lichte overschrijding van de norm.

De maximale fijnstof concentratie, 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op de Asterstraat in Geleen in 2003, is hoger dan de norm voor de gemiddelde fijnstof concentratie. In 2006 was de gemiddelde fijnstof concentratie op die plek echter 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wat voldoet aan de norm.

Benzeen wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van OPB de Beitel. De hoogste uurgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland (door DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2007 is 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bij Hoogvliet in 2003. De gemiddelde concentratie benzeen in 2003 op die locatie was 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en uit Tabel 45 blijkt dat de gemiddelde benzeenconcentratie in de buurt van OPB de Beitel 0,5-1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was. Dit voldoet aan de norm van 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Arseen wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van OPB de Beitel. De hoogste 24-uursgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland in de periode van 2003 tot en met 2007 is 9,4 ng/m³ op de Floreslaan in Vlaardingen in 2003. De gemiddelde concentratie arseen in 2003 op die locatie was 1,2 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 6 ng/m³ als jaargemiddelde.

Cadmium wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van OPB de Beitel. De hoogste 24-uursgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland (door DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2007 is 182 ng/m³ in Vlaardingen in 2007. Het 98-percentiel op die locatie in dat jaar was 1,9 ng/m³ en het gemiddelde 2,6 ng/m³. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er vermoedelijk op één dag in dat jaar een relatief hoge emissie was van cadmium. Deze hoge concentratie heeft als gevolg dat het gemiddelde hoger is dan het 98-percentiel. De gemiddelde concentratie cadmium in 2007 op die locatie voldoet aan de EU norm van 5 ng/m³ als jaargemiddelde.

Nikkel wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van OPB de Beitel. De hoogste 24-uursgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland (door DCMR) in de periode van 2003

tot en met 2007 is 30 ng/m³ in Vlaardingen in 2007. De gemiddelde concentratie nikkel in 2007 op die locatie was 11,2 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 20 ng/m³ als jaargemiddelde.

Lood wordt op een beperkt aantal luchtmeetstations gemeten en niet in de buurt van OPB de Beitel. De hoogste 24-uursgemiddelde waarde die is gemeten in Nederland (door DCMR) in de periode van 2003 tot en met 2007 is 533 ng/m³ in Rotterdam in 2003. De gemiddelde concentratie lood in 2003 op die locatie was 19,3 ng/m³. Dit voldoet aan de norm van 500 ng/m³ als jaargemiddelde.

9.7.3 Worst case concentraties in water

Op basis van de hoogste concentraties van luchtverontreinigende componenten (Tabel 46), de hoogste lucht-water verhouding in de ruwwatertank (RQ = 10) en de aanname dat alle verontreinigingen uit de lucht in het water terecht komen, is een worst case concentratie uitgerekend voor de luchtverontreinigende componenten (laatste kolom Tabel 46).

De worst case berekening laat zien dat er niet meer dan 1 µg/l aan fijnstof (deeltjes < 10 µm) in het ruwe water terecht komt als er geen luchtfilters zouden zijn. De proceslucht wordt echter gefilterd door achtereenvolgens een fijnstoffilter (F7) en een absoluutfilter (H13). Het F7 fijnstoffilter verwijdert al circa 80% tot 90% van het fijnstof (zie hoofdstuk 3). Het absoluutfilter zal het resterende fijnstof uit de lucht verwijderen. Door deze dubbele luchtfiltratiestap zal bij een goede werking van de filters de hoeveelheid fijnstof in het drinkwater als gevolg van het gebruik van lucht verwaarloosbaar klein zijn.

Er zijn geen normen voor de hoeveelheid CO in drinkwater. De worst case berekening geeft een concentratie van 68 µg/l in het drinkwater bij een concentratie in de lucht van 6800 µg/m³.

De gemiddelde consumptie van koud drinkwater in Nederland is 0,6 liter per persoon per dag (Foekema e.a., 2008). Mons e.a. (2007) vonden een dagelijkse variatie in de consumptie variërend van 0,10 tot 1,55 liter. Voor de worst case berekening wordt een waterconsumptie van 2 liter aangenomen. Via consumptie van drinkwater zou dus maximaal 136 µg CO per dag worden ingenomen. Hierbij moet nog worden opgemerkt dat CO dat in de waterfase wordt gebracht uiteindelijk richting een evenwichtssituatie zal gaan met de luchtfase, bijvoorbeeld bij verblijf in de reinwaterkelders. Aangezien CO slecht oplost in water (zie Bijlage:, Henrycoëfficiënten), zal het grootste deel weer in de luchtfase eindigen voordat het drinkwater het leidingnet ingaat.

De ademfrequentie van een gemiddeld gezond persoon in rust is circa 12 per minuut (Dennis e.a., 1984; Guyton en Hall, 2006). Het ingeademde volume is gemiddeld 500 ml gedurende een normale ademhaling (Guyton en Hall, 2006). Per dag ademt een gemiddeld gezond persoon daarom circa 9 m³ lucht in. Bij een maximale concentratie van 6800 µg/m³ die op de Looierstraat in Heerlen gemeten is zou een gemiddeld persoon 61 mg CO per dag binnenkrijgen. De hoeveelheid die via het drinkwater wordt ingenomen (136 µg) is dus verwaarloosbaar ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

Ook voor de ozonconcentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid ozon die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd. Ozon dat onbedoeld via de lucht in het water van de zuivering wordt gebracht, zal vermoedelijk reageren met DOC of anorganische componenten oxideren.

Ammoniak is niet in hoge concentraties aanwezig in de lucht in de buurt van OPB de Beitel. De maximale concentratie van 4 µg/m³, die op de Brunsummerheide gemeten is, leidt tot een concentratie van maximaal 0,04 µg/l in het ruwe water van OPB de Beitel. Een deel van het ammoniak kan door een zuur-base-evenwicht omgezet worden in ammonium, maar gezien de lage concentratie ammoniak in het water is dit verwaarloosbaar. Ammonium in het ruwe en reine water is altijd < 0,05 mg/l (onder de rapportagegrens).

De maximale hoeveelheid NO_x als deeltjes in de lucht in de buurt van OPB de Beitel is 1273 µg/m³. Omdat het deeltjes zijn, worden deze vermoedelijk volledig door de dubbele luchtfiltratiestap

verwijderd, alhoewel er in het jaaroverzicht van de luchtkwaliteit van Nederland door het RIVM (Beijk e.a., 2008) niet wordt vermeld hoe groot deze deeltjes zijn.

Ook voor de NO_x-concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid NO_x die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

NO_x zou in het water kunnen oxideren tot nitraat. Indien wordt uitgegaan van een maximum van 13 µg/l NO₂ (Tabel 46) dan wordt de maximale hoeveelheid nitraat in het water 17 µg/l nitraat (de massaverhouding is 62/46). Dit is slechts een kleine bijdrage aan de gemiddelde nitraatconcentratie in het ruwe en reine water, want deze varieert tussen de 30 en 40 mg/l. De norm voor nitraat in het Drinkwaterbesluit is 50 mg/l. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid NO₂ in de lucht nu en in de toekomst voor de waterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

Ook voor de SO₂-concentratie in drinkwater zijn geen normen. Uit een zelfde berekening als hierboven voor CO volgt dat de hoeveelheid SO₂ die via het drinkwater wordt ingenomen verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

SO₂ zou in het water kunnen oxideren tot sulfaat. Indien al het SO₂ (0,5 µg/l) wordt geoxideerd tot sulfaat wordt er 0,75 µg/l sulfaat geproduceerd (de massaverhouding is 96/64). Dit is slechts een kleine bijdrage aan de gemiddelde sulfaatconcentratie in het ruwe en reine water van circa 70 mg/l. De drinkwaternorm voor fosfaat uit het WLB is 150 mg/l. Dit geeft duidelijk aan dat de hoeveelheid SO₂ in de lucht voor de waterkwaliteit geen probleem zal opleveren.

De maximale concentraties van de zware metalen arseen, cadmium, nikkel, zink en lood in het drinkwater als gevolg van luchtgebruik in de zuivering van OPB de Beitel (Tabel 46) voldoen ruimschoots aan het Drinkwaterbesluit van 2011 (Tabel 1).

Tevens geldt dat de hoeveelheid zware metalen die via het drinkwater door een persoon wordt ingenomen, als gevolg van gebruik van lucht in de zuivering, verwaarloosbaar is ten opzichte van de hoeveelheid die via de lucht wordt ingeademd.

In het reine water van OPB De Beitel zijn de gemeten concentraties van zware metalen steeds onder de rapportagegrens: As < 0,5 µ/l, Cd < 0,05 µg/l, Cr < 1 µ/l, Ni < 0,5 µ/l, Zn 2,5 µg/l, Pb < 0,5 µg/l. Dit geeft aan dat zware metalen via de luchtroute geen risico zijn voor de drinkwaterkwaliteit.

Behalve via de lucht kunnen zware metalen ook aangevoerd worden via natronloog of kalkmelk, of andere chemicaliën. Ze worden deels verwijderd in de ontharding of andere zuiveringsstappen. De zware metalen die via de lucht aangevoerd worden zijn aanwezig als deeltjes en zullen onder andere deels in de carry-over filters verwijderd worden als ze in het ruwe water aanwezig zijn.

De berekende worst case benzeenconcentratie in het ruwe water van OPB de Beitel is 1,5 µg/l (Tabel 46). Dit is hoger dan de kwaliteitseis in het Drinkwaterbesluit van 1 µg/l (Tabel 1, hoofdstuk 2). Deze worst case benzeenconcentratie is echter gebaseerd op een eenmalige hoge uurwaarde in de lucht in Hoogvliet in 2003 (150 µg/m³), de hoogst gemeten waarde in Nederland in de periode 2003 tot en met 2007. In datzelfde jaar werd in Maassluis-West door DCMR een maximale uurgemiddelde concentraties van 133 µg/m³ gemeten in de lucht. Deze hoge concentraties zijn waarschijnlijk een gevolg van calamiteiten, maar dat is verder uit de cijfers uit het LML niet op te maken. Zie als voorbeeld hoe hoog de benzeenconcentratie is in de lucht gedurende het gehele jaar in Hoogvliet Figuur 10 in Hoofdstuk 6 over pb Kralingen. In de rest van Nederland werd in 2003 nooit een benzeenconcentratie hoger dan 42 µg/m³ gemeten in de lucht en rondom OPB de Beitel is de gemiddelde benzeenconcentratie in 2009 0,5-1,0 µg/m³. Bij een lucht-water verhouding van 10 in de ruwwaterkelder van OPB de Beitel en een volledige overdracht van benzeen van lucht naar water zou de kwaliteitseis van 1 µg/l water worden overschreden bij een benzeenconcentratie van 100 µg/m³. Het is niet waarschijnlijk dat er in de buurt van OPB De Beitel in de lucht een benzeenconcentratie hoger dan 100 µg/m³ zal heersen. Op de CAR-website van Infomil (<http://car.infomil.nl>) wordt gesteld dat de concentratie van benzeen in Nederland dusdanig laag is, dat overschrijding van de grenswaarde bij verkeerssituaties vrijwel uit te sluiten is.

Benzeen is een vluchtige verbinding (dimensieloze Henry coëfficiënt bij 10°C is 0,12 - www.epa.gov/athens/learn2model/part-two/onsite/esthenry.html) die (deels) weer zal vervluchtigen bij contact met lucht, bijvoorbeeld in de reinwaterkelder. In een gesloten ruimte met evenveel lucht (zonder benzeen) als water (1,5 µg/l benzeen) zal in een evenwichtssituatie bij 10°C nog circa 1,3 µg/l in de waterfase aanwezig zijn. Bij een continue luchtventilatie met lucht zonder benzeen zal deze concentratie verder dalen. Hoe snel dit gebeurt, hangt onder andere af van de ventilatiesnelheid, de temperatuur van de lucht en het water, turbulentie in het water en het contactoppervlak tussen lucht en water. De Henryconstante voor benzeen is hier te gebruiken want de maximale oplosbaarheid in water (1,79 g/l) niet bereikt wordt.

Voor opname van stoffen uit de buitenlucht door drinkwater gelden in het geheel geen wettelijke normen. Uit bovenstaande volgt dat de inname via drinkwater verwaarloosbaar is ten opzichte van inhalatie, alhoewel beide inname routes een andere dosis-respons relatie hebben. Ook blijven de concentraties van de verontreinigingen in de meest ongunstige gevallen nog onder de norm van het drinkwaterbesluit.

9.7.4 Invloed van snelweg A76 en N281 op de luchtkwaliteit

OPB De Beitel ligt op circa 1 kilometer van de snelweg A76 en circa 750 meter van de N281 (Figuur 18). Rijkswaterstaat geeft aan dat de verkeersintensiteit op de A76 bij Simpelveld (nabij industrieterrein De Beitel) circa 34.000 voertuigen per werkdag is. Op een westelijker gedeelte van de A76 (nabij Geleen) is de verkeersintensiteit hoger: circa 80.000 voertuigen per werkdag (gegevens uit 2011).

Ten opzichte van wpb Welschap (Hoofdstuk 4) dat op minder dan 100 meter van de A2 afligt met een verkeersintensiteit van circa 160.000 voertuigen per dag is de invloed van luchtverontreiniging vanaf de snelweg voor OPB De Beitel erg klein. Bij wpb Welschap was te zien dat de gesimuleerde componenten (NO₂, PM10, benzeen, SO₂, CO en benzo(a)pyreen) op een afstand van 50 meter van de weg een verhoogde concentratie hebben van maximaal een factor 3 (NO₂) en een factor 4 (benzeen) ten opzichte van de achtergrondwaarde. Bij een afstand van 750 meter of een kilometer tot de (snel)weg zijn de concentraties nauwelijks verhoogd ten opzichte van de achtergrondwaardes. Voor wpb Welschap werd al geconcludeerd dat er geen risico's zijn voor de drinkwaterkwaliteit als gevolg van emissies van het autoverkeer. Dit geldt ook voor OPB De Beitel. Maximaal gemeten concentraties van luchtverontreinigende componenten via luchtmeetstations uit het LML in de buurt van OPB De Beitel geven een beter beeld van de risico's voor OPB De Beitel dan simulaties met het CAR-model.

9.7.5 Invloed industrie op concentraties verontreinigingen in drinkwater OPB De Beitel

In 1995 is een locatieverkenning uitgevoerd voor OPB De Beitel (Senden en Zwamborn, 1995). Hierin werden de gevolgen van de emissie van de industrie op industrieterrein De Beitel voor de waterkwaliteit van het geproduceerde drinkwater op OPB De Beitel onderzocht. Hieronder volgt een update met huidige emissiegegevens verkregen via de gemeente Heerlen. Volgens de heer B. Kesselaer (gemeente Heerlen) zorgen Scotts Europe, Moxba Metrex en DSM Dyneema voor de belangrijkste emissies naar de lucht op het industrieterrein (persoonlijke mededeling, 12 juli 2011). Hieronder volgen emissiegegevens uit de vergunningen die zijn afgegeven door de gemeente Heerlen.

Moxba Metrex (Sourethweg 13)

De uittredende lucht uit de Kiekens-ontstoffingsinstallatie mag niet meer dan 5 mg/m³ stof bevatten. Het rookgas na de rookgasreiniging dient te voldoen aan de maximale emissiegrenzen in Tabel 47. Het is niet bekend wat de werkelijke uitstoot is, maar voor berekeningen wordt de uitstoot uit Tabel 47 gebruikt.

Tabel 47. Maximale emissiegrenzen van het rookgas van Moxba Metrex na rookgasreiniging.

Component	Halvuurgemiddelde concentratie (mg/m ³)	Maximaal toegestane vracht (g/uur)
Stof	5	200
Koolmonoxide (CO)	100	-
Koolwaterstoffen (C _x H _y)	10	500
Stikstofoxiden (NO _x)	150	5000
Zwaveloxiden (SO _x)	40	5000
Zwavelzuur (H ₂ SO ₄)	5	50
Chloorwaterstof (HCl)	10	150
Fluorwaterstof (HF)	1	15
Kwik (Hg)	0,05	1
Som cadmium (Cd) + Thallium (Tl)	0,05	1
Som zware metalen*	0,5	-
Dioxinen en furanen	0,1 ng/m ³ TEQ	20 mg/jaar TEQ
PAK totaal	0,05	0,15

* bestaat uit antimoon, seleen, tin, arseen, chroom, cobalt, koper, lood, mangaan, nikkel, vanadium, zink, wolfram, molybdeen.

Scotts Europe/Scotts International (Nijverheidsweg 1-5)

De naverbrander moet zodanig zijn ontworpen en worden onderhouden dat de concentratie koolwaterstoffen (uitgedrukt als C) in de uitgeworpen gassen niet meer dan 10 mg/m³ bedraagt en de hoeveelheid SO₂ eveneens niet meer dan 10 mg/m³. Voordat de afvoerlucht uit de koeler en preheater in de buitenlucht geëmitteerd wordt, moet ze door een stofvangststelsel (bijvoorbeeld een natwasser) worden geleid. De stofemissie uit het stofvangststelsel mag niet meer dan 15 mg/m³ bedragen met incidenteel een maximum van 20 mg/m³.

DSM High Performance Fibers/Dyneema/Solutech (Eisterweg 3 en 4)

De maximale jaaremmissie van het gebruikte oplosmiddel mag vanaf 2008 niet meer bedragen dan 116 ton per kalenderjaar. Om welk oplosmiddel het gaat is bedrijfsgeheim, maar het is een middel dat volgens de gemeente Heerlen onder NER-klasse gO.2. valt. Vermoedelijk gaat het om decaline (decahydronaftaleen), zoals genoemd door Senden en Zwamborn (1995). Ten gevolge van een storing en/of andere ongewilde gebeurtenissen is een kortstondige verhoging van de emissie toegestaan mits de toegestane jaarvracht niet overschreden wordt en de gemiddelde emissie per maand niet meer bedraagt dan 13,5 kg/uur. De emissie van CO mag niet meer bedragen dan 100 mg/m³ en de emissie van NO_x niet meer dan 50 mg/m³.

Het Yarden Crematorium (Imstenraderweg 10) op circa 400 meter noordwestelijk van OPB De Beitel heeft een algemene vergunning en moet voldoen aan de NER (Nederlandse Emissie Richtlijnen). Deze emissies naar de lucht zijn dusdanig laag dat dit geen risico is voor de drinkwaterkwaliteit van OPB De Beitel. Zie voor meer informatie over de NER de website van Infomil: www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/ner.

Immissie bij OPB De Beitel en concentratie in ruwe water OPB De Beitel

De belangrijkste emissies op industrieterrein de Beitel staan vermeld in Tabel 48. De emissies van hexaan, toluen en methylisobutylketon zijn schattingen (Senden en Zwamborn, 1995), omdat deze niet preciezer bekend waren dan "enkele kilogrammen per uur".

Tabel 48. Belangrijkste emissies op industrieterrein de Beitel, verwachte worst case immissie bij OPB de Beitel en worst case concentratie in het ruwe water.

Stof	Maximale emissie (kg/uur)	Bedrijf	Afstand (m) tot OPB De Beitel	Immissie bij OPB de Beitel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximale concentratie in ruwe water ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Decaline	13,5	DSM High Performance	200, oostelijk	10	0,1
Hexaan	5	DSM Solutech	100, zuid-oost	4	0,04
Stikstofoxiden	5	Moxba Metrex	800, zuid-oost	1	0,01
Zwaveloxiden	5	Moxba Metrex	800, zuid-oost	1	0,01
Tolueen	5	Nippon	300, noord-oost	2	0,02
methylisobutylketon	5	Nippon	300, noord-oost	2	0,02

In Tabel 48 staan ook de indicatieve immissieconcentraties bij OPB de Beitel. De worst case concentratie decaline bij OPB de Beitel wordt geschat op $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in de lucht. Ter vergelijking: de gemiddelde concentraties benzeen in Limburg is circa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabel 45).

De maximale concentraties in het ruwe water van OPB de Beitel (Tabel 48) zijn berekend door aan te nemen dat er volledige overdracht is van de luchtfase naar de waterfase ($RQ=10$). Decaline (decahydronaftaleen) is een polycyclisch koolwaterstof (niet aromatisch, dus geen PAK). Er is geen norm voor deze groep stoffen in het Drinkwaterbesluit, maar de signaleringswaarde voor de overige antropogene stoffen is $1 \mu\text{g}/\text{l}$. De concentratie decaline blijft onder deze signaleringswaarde. Wel zou decaline smaakbezwaren kunnen geven, het heeft een lichte geur van menthol. Ook toluen valt onder deze groep en blijft onder de norm. De verwachte maximale concentraties hexaan en methylisobutylketon zijn evenmin verontrustend. De overige emissies zijn te laag om te verhogen van de concentratie in het drinkwater te leiden.

In de praktijk zullen de berekende concentratie in het beluchte ruwe water van OPB de Beitel lager zijn dan hier berekend. Er is uitgegaan van een maximale uitstoot, ongunstige weersomstandigheden en wind richting OPB De Beitel (oostelijk), terwijl de windrichting in Nederland vooral westelijk is. Ook zal de overdracht van lucht naar water geen 100% zijn bij vluchtige stoffen en kunnen stoffen verwijderd worden in de zuivering of weer naar de lucht vervluchtigen, bijvoorbeeld in de reinwaterkelders.

9.7.6 Q-koorts

De dichtstbijzijnde Q-koortshaard in 2009 (tijdens de Q-koortsuitbraak in Nederland) lag op circa 5 km afstand van OPB De Beitel en op 3,6 km afstand van de winning Roodborn waar een cascadeachtige beluchting plaatsvindt (Figuur 18). Uit de analyse van Sales Ortells en Medema (2011a,b) zoals reeds gepresenteerd in paragraaf 4.7.4 en Tabel 9 (wpb Welschap) bleek dat het risico van infectie met Q-koorts via drinkwater verwaarloosbaar klein is ten opzichte van het risico door directe inademing van de Q-koorts bacterie. Voor een afstand van 5 km van de drinkwaterzuivering tot de Q-koortshaard berekenden Sales Ortells en Medema (2011a,b) een besmettingsrisico van circa $2,1 \times 10^{-7}$ via drinkwater en voor een afstand van 3,6 km $3,4 \times 10^{-7}$. Aangezien de maximale lucht-waterverhouding (RQ) op OPB De Beitel 10 is bij de CO_2 -verwijdering en in paragraaf 4.7.4 en Tabel 9 (wpb Welschap) en door Sales Ortells en Medema (2011a,b) is uitgegaan van $RQ = 20$ kan dit besmettingsrisico nog een keer door twee worden gedeeld. Ter vergelijking: voor alle transmissieroutes samen was het gemiddelde infectierisico in 2009 in Nederland $1,4 \times 10^{-4}$.

Op OPB De Beitel wordt het fijnstoffilter klasse F7 en absoluutfilter H13 gebruikt op plekken waar lucht wordt ingenomen. Door het fijnstoffilter F7 zullen losse Q-koortsbacteriën slechts gedeeltelijk worden verwijderd (circa 50% afhankelijk van de afmeting), maar als de Q-koortsbacteriën aan deeltjes gebonden zijn van enkele micrometers groot, is de verwijdering vrijwel volledig. Het absoluutfilter H13 verwijdert Q-koortsbacteriën voor minimaal 99,95%. Zie hoofdstuk 3 voor details over luchtfilters.

9.8 Conclusies

- Metingen van gassen en zware metalen in de lucht van het Landelijk Meetnet Luchtverontreiniging in de buurt van OPB de Beitel geven aan dat gebruik van lucht in de zuivering van OPB de Beitel wat betreft deze componenten geen risico oplevert voor de waterkwaliteit.
- Modelberekeningen van de uitstoot van de bedrijven naar de lucht op industrieterrein de Beitel geven aan dat deze emissies niet leiden tot normoverschrijdingen in het drinkwater.
- Het risico van infectie met Q-koorts via drinkwater is verwaarloosbaar ten opzichte van het risico door directe inademing van de Q-koorts bacterie. De afstand van OPB De Beitel tot de dichtstbijzijnde Q-koortshaard tijdens de uitbraak in 2009 was circa 5 kilometer wat een jaarlijks infectierisico oplevert van $2,1 \cdot 10^{-7}$ via het drinkwater. Voor alle transmissieroutes samen (met name inademen) was het gemiddelde infectierisico in 2009 in Nederland $1,4 \times 10^{-4}$.
- Met het fijnstoffilter F7 wordt fijnstof gemiddeld met 80% tot 90% verwijderd. Q-koorts wordt hiermee met circa 50% verwijderd, afhankelijk van de grootte van de cellen. Met het absoluutfilter H13 worden deze componenten met minstens 99,95% verwijderd. Gassen worden niet tegengehouden door deze luchtfilters. Ook zonder deze luchtfiltratiestappen wordt geen risico verwacht van Q-koorts en fijnstof voor de drinkwaterkwaliteit.

9.9 Aanbevelingen

In de zuivering van OPB de Beitel wordt een F7 fijnstof luchtfilter gebruikt gevolgd door een absoluutfilter H13. Op grond van de huidige risicoanalyse kan gesteld worden dat het gebruik van het absoluutfilter niet noodzakelijk lijkt om risico's van luchtgebruik in de zuivering tegen te gaan. In geval van een calamiteit (bijvoorbeeld tijdens het overtrekken van een radioactieve wolk) is bij De Beitel al het beleid om over te gaan op natuurlijke beluchting en om te stoppen met versproeien.

10 Risico's van een brand voor de drinkwaterkwaliteit

10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de gevolgen besproken van een (grote) brand voor de lucht- en waterkwaliteit en de risico's voor een drinkwaterproductiebedrijf in de buurt. Dit gebeurt aan de hand van het RIVM-rapport "Emissies van schadelijke stoffen bij branden" (Mennen en Van Belle, 2007) waarin luchtmetingen bij branden in de periode van 1997 tot 2007 worden geëvalueerd (paragraaf 10.2) en aan de hand van de meetresultaten na de grootschalige brand op woensdag 5 januari 2011 bij het bedrijf Chemie-Pack te Moerdijk (Speksnijder e.a., 2011; RIVM 2011a,b) (paragraaf 10.3).

10.2 Emissies van schadelijke stoffen bij branden

10.2.1 Achtergrondinformatie

Het RIVM heeft onderzocht welke schadelijke stoffen vrijkomen bij branden met bepaalde soorten materialen, zoals autobanden, kunststoffen of hout. Van de meeste stoffen die bij brand vrijkomen zijn verhoogde concentraties in de lucht te meten, maar dat is niet per definitie schadelijk voor de gezondheid. Luchtmetingen worden in principe gedaan op leefniveau (1 tot 2 m boven de grond). Dit is ook een relevante hoogte voor de inname van lucht in de drinkwaterzuivering.

In een later stadium worden veelal ook monsters genomen van gedeponeerde stofdeeltjes (veegmonsters), van gewassen of van de bodem. In een enkel geval worden monsters van mogelijk verontreinigd oppervlaktewater genomen, maar meestal doet de betrokken waterkwaliteitsbeheerder dat. Met de depositie op de bodem kan ook een schatting worden gemaakt hoeveel depositie er in spaarbekkens is terecht gekomen.

Koolmonoxide, koolwaterstoffen (vooral aromatische), PAK's, fijnstof en, in mindere mate, stikstofoxiden worden bij vrijwel elke brand geëmitteerd. Deze componenten komen vrij bij onvolledige verbranding van bijvoorbeeld hout, kunststoffen, brandstoffen en verf en die komen in vrijwel elke brand voor. Andere verbrandingsproducten komen voornamelijk vrij als er specifieke materialen in de brandhaard aanwezig zijn. Voorbeelden zijn zoutzuur, chloorkoolwaterstoffen en dioxinen bij verbranding van chloorhoudende materialen zoals PVC en zwaveldioxide bij de verbranding van rubberachtige materialen.

De omvang van de emissies kan per brand verschillen. Niet alleen de hoeveelheden en aard van de materialen spelen daarin een rol, maar vooral ook de omstandigheden tijdens de brand. Temperatuur en zuurstoftoevoer zijn daarbij twee belangrijke parameters. Over het algemeen geldt: hoe slechter de verbrandingscondities, des te meer schadelijke stoffen er worden gevormd. Om die reden kunnen juist in de smeulfase van een brand hoge concentraties schadelijke stoffen voorkomen in het benedenwinds gebied, te meer daar in die fase door de geringe pluimstijging de rook direct door het gebied heen trekt. Concentraties in de lucht benedenwinds van een brand zijn vrijwel altijd verhoogd, soms zelfs tot op honderden meters van de brandhaard.

Uit de gegevens die de Milieuongevallendienst (MOD) van het RIVM heeft verzameld is geen algemene richtlijn te halen in de zin van een bepaalde afstand tot waar risicovolle concentraties voorkomen. Daarvoor zijn de emissies en de verspreiding bij de door de MOD onderzochte branden te verschillend. Wel kan worden geconcludeerd dat vanaf 1 km en verder van de brandhaard de concentraties niet of nauwelijks verhoogd zijn. Indien er al een verhoging is, is deze zo gering dat er bij eventuele blootstelling daaraan geen sprake is van gezondheidsrisico's.

De depositie van stofdeeltjes uit een brand en de verontreiniging van gras en gewassen als gevolg daarvan, zijn minder sterk verhoogd dan concentraties in de lucht. Bij de branden, waar de MOD metingen heeft gedaan, is er in ongeveer de helft van de gevallen geen significante verhoging gevonden

en in de andere helft meestal een matige verhoging. Ook blijkt de depositie vanaf enkele honderden meters van de brand en verder weg vrijwel nihil.

10.2.2 Anorganische componenten

In Tabel 63 (Bijlage) staan de afstanden tot de brandhaard en de resultaten van de luchtmetingen op de anorganische gasvormige componenten koolmonoxide (CO), blauwzuur (HCN), zoutzuur (HCl), chloorgas (Cl₂), zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x), ammoniak (NH₃) en waterstofsulfide (H₂S). De meetresultaten zijn uitgedrukt als de verhouding van de gemeten concentratie ten opzichte van de achtergrondwaarde. Hierdoor kan snel inzicht worden gekregen in hoeverre er sprake is van een verhoging ten opzichte van het 'normale' niveau in de buitenlucht. In Bijlage: is een overzicht van de gebruikte achtergrondwaarden gegeven.

Bij de meeste branden is gemeten op CO en veelal ook op HCN. CO is vaak en HCN is soms in verhoogde mate aangetoond. CO komt vrij bij onvolledige verbranding van koolstofhoudende stoffen en materialen. Bij brand wordt altijd CO gevormd, maar de emissies het hoogst als de zuurstoftoevoer beperkt is. Tot op enkele honderden meters van de brand is de CO-concentratie in de rookpluim vrijwel altijd verhoogd ten opzichte van de achtergrondwaarde. Echter, vanaf enkele honderden meters en verder is bij geen van de branden een verhoging van de CO-concentratie meer waargenomen. Op zulke afstanden blijkt de rookpluim dusdanig verdund te zijn dat de CO-concentratie rond of net boven de achtergrondwaarde ligt. Dit geldt overigens ook voor de meeste andere componenten.

De omvang van de CO-emissie kan per brand sterk verschillen. Bij de meeste branden zijn op afstanden van 10 tot 100 m van de brand hoge CO-concentraties (10 tot 200 maal de achtergrondconcentratie) gemeten. Ter vergelijking: ook in drukke verkeerssituaties kunnen CO-concentraties tot tienmaal de achtergrondwaarde voorkomen.

De meetwaarden in Tabel 63 zijn niet altijd goed onderling te vergelijken, omdat bij sommige branden is gemeten in de fase dat de brand nog in volle gang was en bij andere tijdens de smeulfase. In de smeulfase is de zuurstoftoevoer vaak beperkt, waardoor onvolledige verbranding plaatsvindt en de CO-emissie hoog is vergeleken met een felle brand.

De andere anorganische gassen zijn minder vaak gemeten. Dit hangt samen met de meetstrategie (welke stoffen worden verwacht) en de daarin gestelde prioriteiten. HCl, SO₂, NO_x en NH₃ zijn enkele keren verhoogd aangetroffen en Cl₂ en H₂S vrijwel niet. Daarbij zij opgemerkt dat de detectielimiet van de gebruikte sensoren veelal op een niveau boven de achtergrondconcentraties ligt. Het valt dus niet uit te sluiten dat bij sommige branden verhoogde concentraties van deze componenten kunnen voorkomen, maar deze verhoging is dan beperkt en in ieder geval niet schadelijk.

10.2.3 Vluchtige organische componenten

Vluchtige organische componenten (VOC) zijn bij vrijwel iedere brand gemeten. In Tabel 64 (Bijlage) zijn de resultaten van deze metingen weergegeven, uitgedrukt als verhouding ten opzichte van de achtergrondwaarde. Van de VOC, benzeen (B), toluen (T), ethylbenzeen (E), xylenen (X), styreen (S) en naftaleen (N), zijn de relatieve concentraties apart vermeld. Deze componenten worden bij een groot aantal branden in verhoogde tot sterk verhoogde mate gevonden. Andere - minder vaak voorkomende - VOC zijn samengevoegd onder een groepsnaam, waarbij voornamelijk onderscheid is gemaakt tussen niet-gehalogeneerde aromatische verbindingen, in Tabel 64 aangeduid als aromaten (Ar), en niet-gehalogeneerde alifatische verbindingen zoals alkanen, cyclische alkanen en alkenen, in Tabel 64 aangeduid als alkanen (Al). De verhoudingen zijn gebaseerd op somwaarden van concentraties. Soms zijn van enkele aromatische of alifatische verbindingen verhoogde concentraties gevonden en van andere niet. Gehalogeneerde VOC zijn, uitgezonderd een enkel geval, niet in verhoogde gehalten aangetoond. In de laatste kolom van Tabel 64 staan specifieke VOC genoemd die bij een bepaalde brand in verhoogde concentraties zijn gemeten. Het gaat om onder meer furanen, alcoholen en een enkele gechlorideerde aromatische verbinding. Indien bij de component een getal is gegeven, geeft dat de

concentratieverhoging aan. Indien er geen getal is gegeven, is de component wel geïdentificeerd maar niet gekwantificeerd.

Aldehyden worden pas sinds korte tijd min of meer routinematig gemeten bij branden en daarom zijn er in beperkte mate meetgegevens van (Tabel 65, Bijlage). Deze resultaten maken echter duidelijk dat bij branden aldehyden regelmatig in verhoogde mate voorkomen.

10.2.4 Stofvormige componenten

De MOD analyseert de bemonsterde stofdeeltjes meestal op zware metalen en andere elementen, op PAK's en, als daar aanleiding toe is, op dioxinen en andere organische componenten. Over het algemeen is koolstof het meest voorkomende element in het fijnstof uit de rookpluim, in de vorm van roet en een groot aantal stofgebonden koolwaterstoffen. Bij een cacao-brand in Schiedam bleek het koolstofgehalte in de stofdeeltjes ongeveer 60% te bedragen. Een vergelijkbaar percentage was eerder gevonden bij een cacao-brand in Molletjesveer. Ter vergelijking: het koolstofgehalte in fijnstof bemonsterd op een stadsachtergrondlocatie en nabij een snelweg varieerde van ongeveer 15 tot 35%, waarvan een kwart tot een derde uit elementair koolstof (roet) bestond en de rest uit organische verbindingen.

Het chloorgehalte in de buitenlucht wordt normaliter gedomineerd door natriumchloride (zeezout) en andere chloridezouten. Deze verbindingen zijn niet schadelijk voor mens en milieu. Daarnaast kunnen er chloorhoudende koolwaterstoffen in voorkomen, maar de gehalten daarvan zijn in de regel veel lager dan die van de chlorides. Bij branden kunnen er echter zeer schadelijke chloorhoudende koolwaterstoffen worden gevormd zoals PCB's (polychloorbifenylen) en dioxinen.

Bij stofvormige componenten wordt onderscheid gemaakt tussen de concentratie fijnstof en de concentraties aan stofgebonden componenten: elementen, PAK's, benz(a)pyreen, dioxinen en in een enkel geval PCB's en andere organische verontreinigingen (Tabel 66, Bijlage). In de PAK-analyse zijn niet alleen de stofgebonden, maar ook de vluchtige PAK's inbegrepen. De volgende PAK's worden standaard geanalyseerd: naftaleen, acenaftyleen, acenafteen, fluoreen, fenanthreen, anthraceen, fluorantheen, pyreen, benzo(a)anthraceen, chryseen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, dibenzo(ah)anthraceen, benzo(ghi)peryleen en indeno(123cd)pyreen.

De achtergrondwaarden zijn gegeven in Bijlage, Tabel 70. Bij nagenoeg alle branden waar de MOD metingen heeft verricht, zijn verhoogde concentraties stofdeeltjes aangetroffen. In de rookpluim dicht bij de brandhaard (5 tot 20 m) varieert de verhoging van 40 tot 500 maal het achtergrondniveau, tussen 20 en 100 m bedraagt de verhoging 10 tot 100 en tussen 100 m en 1 km is de verhoging 5 tot 40. Zelfs op meer dan 1 km van de brandhaard zijn nog verhogingen gevonden van een factor 3 tot 5 ten opzichte van de achtergrondwaarde. De concentratie fijnstof neemt dus af met toenemende afstand tot de brand, zoals is te verwachten, maar er zijn ook duidelijke verschillen tussen de diverse branden geconstateerd.

Bij sommige branden is alleen de concentratie totaal stof (*Total Suspended Particulate*, TSP) bepaald. TSP is de verzamelnaam van stofdeeltjes met een aërodynamische diameter tot ongeveer 100 µm. De concentratie TSP is omgerekend naar die van fijnstof (PM10) door te delen door een factor 1,25. De gecorrigeerde concentratie is vervolgens gedeeld door de achtergrondconcentratie PM10. De correctiefactor is gebaseerd op resultaten van een diverse MOD-metingen bij branden en literatuurgegevens. Hieruit blijkt dat het stof in die rookpluimen voor het grootste deel (70% tot 95%) uit fijnstof bestaat.

De concentratie PAK's is steeds berekend door de concentraties afzonderlijke PAK's te sommeren. Daarnaast is in Tabel 66 apart de relatieve concentratie benz(a)pyreen vermeld. De reden hiervoor is dat benz(a)pyreen als indicator-PAK wordt gebruikt in luchtkwaliteitsnormen en bij de beoordeling van gezondheidseffecten. Bij enkele branden zijn alleen deeltjesgebonden PAK's bemonsterd en geen vluchtige PAK's, omdat geen PUF's (Poly Urethaan Filters) zijn gebruikt. In die gevallen zijn de gemeten concentraties deeltjesgebonden PAK's gedeeld door de achtergrondconcentratie aan deeltjesgebonden PAK's. In de tabel is dit aangegeven. Overigens blijkt uit de metingen dat bij branden de afzonderlijke PAK's grofweg in dezelfde verhoudingen tot elkaar worden teruggevonden.

Ook de concentraties aan PCB's zijn gesommeerd (zie voetnoot 2 in Tabel 66). De concentraties dioxinen zijn berekend door de concentraties afzonderlijke PCDD's en PCDF's te vermenigvuldigen met hun TEF

(zie noot hieronder) en deze vervolgens te sommeren. Op deze wijze wordt een concentratie dioxinen uitgedrukt in TEQ verkregen. In Tabel 66 zijn alleen die elementen vermeld, waarvan bij de betreffende brand verhoogde waarden zijn gemeten. De aandacht gaat daarbij vooral uit naar elementen die bekend staan als schadelijk voor mens en milieu.

Noot: TEQ = Toxiciteits EQuivalenten; dit is een internationaal afgesproken maat voor de totale concentratie van polychloordibenzo-p-dioxinen (PCDD's) en polychloordibenzofuranen (PCDF's), elk gewogen met hun specifieke Toxiciteits Equivalentie Factor (TEF), een maat voor de relatieve giftigheid van de betreffende verbinding ten opzichte van die van 2,3,7,8-TCDD, de meest giftige dioxine.

10.2.5 Overzicht geëmitteerde stoffen bij verschillende brandtypes

Om de informatie uit de voorgaande paragrafen te bundelen zijn twee overzichtstabellen gemaakt, waarin per type brand of materiaal de omvang van de emissies van de meest relevante componenten is aangegeven.

In Tabel 71 (Bijlage:) staan de gasvormige componenten, in Tabel 72 staan fijnstof en stofgebonden componenten. In beide tabellen zijn de meest voorkomende componenten in aparte kolommen vermeld. Daarnaast zijn andere potentieel vrijkomende componenten opgesomd in de kolom 'overige componenten', waarbij in Tabel 72 nog onderscheid is gemaakt tussen organische en anorganische verbindingen.

De indeling in typen brand of materiaal is gebaseerd op de specifieke kenmerken, in de zin van vrijkomende verbrandingsproducten, van de verschillende bestudeerde materialen. Kunststoffen hebben bijvoorbeeld andere emissiepatronen dan hout of bestrijdingsmiddelen. De tabellen bevatten ook enkele verzamelcategorieën, zoals afval en gebouwen.

10.2.6 Concentraties in het water bij drinkwaterbehandeling

In Tabel 49 worden de geschatte maximale concentraties weergegeven die in de drinkwaterzuivering voor kunnen komen bij een grote brand in de omgeving van het productiebedrijf. Er is uitgegaan van een lucht-waterverhouding van 20 en volledig overdracht van lucht naar water. Ook zijn *worst case* concentraties geschat in ontvangstbekkens uitgaande van evenwicht tussen de luchtfase en waterfase.

Voor de berekening van de *worst case* concentratie in het water van de drinkwaterzuivering is de hoogste concentratie gebruikt van de concentratierange van verontreinigende componenten in de lucht (kolom 3, Tabel 49). Deze concentraties zijn meestal gemeten op een afstand van enkele honderden of zelfs tientallen meters van de brand (Tabel 63 t/m Tabel 66, Bijlage).

Een overzicht van de stoffen die vrijkomen bij verschillende brandtypes is gegeven in Tabel 71 en Tabel 72 (Bijlage:).

Uit Tabel 49 blijkt dat vooral enkele vluchtige organische verbindingen, zoals benzeen, toluen, ethylbenzeen en aldehydes potentieel een probleem op kunnen leveren voor de drinkwaterkwaliteit als het waterproductiebedrijf zich in de pluim van de brand bevindt en lucht inneemt voor intensieve beluchting. Indien bij een brand een concentratie van 5000 µg/m³ HCN vrijkomt, is er vermoedelijk ook een risico voor de drinkwaterkwaliteit. Op basis van volledige overdracht bij RQ=20 wordt de concentratie 100 µg/l en op basis van het Henry-evenwicht 3 mg/l. Om deze laatste concentratie in de waterfase (spaarbekken) te halen is vermoedelijk wel een langdurig contact (dagen of zelfs weken) tussen de luchtfase (met 5000 µg/m³ HCN) en de waterfase nodig, wat in de praktijk nooit het geval zal zijn. Inademen van deze concentratie aan HCN kan al leiden tot ernstige gezondheidseffecten.

Bij de maximaal gemeten concentraties in de lucht, een lucht-waterverhouding van 20 en volledige overdracht van lucht naar water is de benzeenconcentratie 40 µg/l in water en de formaldehydeconcentratie 100 µg/l. In de praktijk zal er nooit 100% stofoverdracht van lucht naar water zijn, zal een deel van deze vluchtige stoffen tijdens het proces weer uit het water verdwijnen en zal mogelijk een deel van deze stoffen afgebroken worden. De concentraties van deze stoffen is daarom een

overschatting van wat er zich in werkelijkheid in het drinkwater zal bevinden, maar het geeft wel aan waar de risico's liggen.

Zware metalen die vrijkomen in de lucht bij branden leveren geen problemen op voor de drinkwaterkwaliteit. Daarvoor zijn deze concentraties veel te laag. Aangezien de zware metalen deeltjesgebonden zijn, zullen ze bovendien voor het grootste deel verwijderd worden met de gangbare fijnstof- en absoluutfilters.

Of fijnstof zelf tot problemen kan leiden voor de drinkwaterkwaliteit is niet duidelijk. Tot nu toe is geen geval bekend waarbij fijnstof uit de lucht tot een verminderde drinkwaterkwaliteit leidde. Fijnstof uit de rookpluim bestaat voor het grootste deel uit koolstof (roet en andere stofgebonden koolwaterstoffen, zoals PAKs). Aan het fijnstof kunnen ook zware metalen of soms dioxines en andere organische componenten gebonden zijn. Fijnstof wordt voor het grootste deel verwijderd met fijnstoffilters.

Deeltjes kleiner dan 10 micrometer dringen bij inademing door in de luchtwegen. Fijnstof in de lucht kan daardoor leiden tot gezondheidsklachten en zelfs tot vroegtijdige sterfte. Epidemiologische studies wijzen uit dat in Nederland jaarlijks 2300 tot 3500 mensen vroegtijdig overlijden aan alleen al de acute gevolgen van blootstelling aan fijnstof. Op basis van de langetermijneffecten van chronische blootstelling aan fijnstof zouden in Nederland mogelijk zelfs 12.000 tot 24.000 mensen jaarlijks vroegtijdig overlijden.

De gezondheidsschade uit zich onder andere in vervroegde sterfte, toename in ziekenhuisspoedopnames voor hart- en luchtwegaandoeningen, luchtwegklachten en functiestoornissen.

Welke chemische bestanddelen van fijnstof gezondheidskundig de oorzaak van de effecten zijn, is nog onbegrepen. Zeezout is vrijwel zeker geen probleem. Iets vergelijkbaars geldt waarschijnlijk ook voor de sulfaat- en nitraatfractie in fijnstof. Het roetdeel uit verbrandingsprocessen speelt mogelijk wel een rol (Milieu- en Natuurplanbureau, 2005).

Blootstelling aan fijnstof via drinkwater is een minder groot risico aangezien de fijnstofdeeltjes dan niet in aanraking komen met de luchtwegen. Chemische effecten van de deeltjes zouden echter wel een risico kunnen zijn, afhankelijk van de samenstelling.

De hoogste concentraties PAKs die gemeten zijn in de rookpluimen kunnen in de slechtste situatie tot normoverschrijdingen in het drinkwater leiden als geen luchtfiltratie wordt toegepast. Fijnstoffilters zullen deeltjesgebonden PAKs waarschijnlijk voldoende verwijderen. Vluchtige PAKs (bijvoorbeeld naftaleen) kunnen wel in gasvorm in de lucht aanwezig zijn en worden niet door luchtfilters verwijderd.

De maximale concentraties van de verontreinigende stoffen die in de lucht voorkwamen bij de (grote) branden tussen 1997 en 2007 overschreden ruimschoots de Europese grenswaarden voor de luchtkwaliteit (Tabel 58). Hierbij moet wel opgemerkt worden dat dit tijdelijke overschrijdingen zijn en dat de normen meestal zijn opgesteld op basis van jaar- of daggemiddelden.

Voor de beoordeling van mogelijke gevolgen voor de gezondheid van mensen bij eenmalige blootstelling aan gevaarlijke stoffen die bij calamiteiten zijn vrijgekomen zijn Interventiewaarden Gevaarlijke Stoffen afgeleid voor 314 stoffen. Bij de afleiding wordt rekening gehouden met de meest gevoelige personen, inclusief kinderen en zwangeren (RIVM, 2011).

De directe inademing van deze maximaal gemeten concentraties in de lucht bij branden zal een directer en groter probleem zijn voor de volksgezondheid dan de concentraties in water, omdat er gemiddeld per dag circa 9 m³ lucht geïnhaleerd wordt en slechts 2 liter water per dag gedronken. Bij deze hoge concentraties in de lucht zal de overheid waarschijnlijk adviseren om niet buiten te komen en ramen en deuren gesloten te houden.

Tabel 49. Typische concentraties van gangbare gasvormige en stofvormige componenten in lucht bij een brand (afgeleid uit gemeten concentraties, zoals weergegeven in Bijlage) en in water bij een lucht-waterverhouding van 20 en volledige overdracht en op basis van lucht-waterevenwicht bij 10 °C (Henry constantes, zie Bijlage):

Component	Achtergrond-concentratie ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Typische concentratie in lucht bij brand ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Maximale concentratie in water (mg l^{-1}) o.b.v. RQ=20	Concentratie in water ($\mu\text{g l}^{-1}$) o.b.v. Henry evenwicht*	Norm drinkwater-besluit 2011 (mg l^{-1})
CO	500	500 - 100.000	2	2,7	
HCN	0,1	200 - 5000	0,1	3100	
HCl	0,5	150 - 25.000	0,5	73000	
SO ₂	4	400 - 6.000	0,12	646	150 (sulfaat)
NO _x	40	200 - 10.000	0,2	122**	50 (nitraat) 0,1 (alnitriet)
NH ₃	5	5 - 1500	30 $\mu\text{g l}^{-1}$	2371	0,20 (ammonium)
benzeen	1	10 - 2000	40 $\mu\text{g l}^{-1}$	40	1 $\mu\text{g l}^{-1}$
tolueen	4	20 - 1600	32 $\mu\text{g l}^{-1}$	36	1 $\mu\text{g l}^{-1}$ Monocyclische koolwaterstoffen/ aromaten
ethylbenzeen	1	5 - 900	18 $\mu\text{g l}^{-1}$	24	
xylenen (som)	3	15 - 600	12 $\mu\text{g l}^{-1}$	onbekend	
formaldehyde	2,5	2,5 - 5000	100 $\mu\text{g l}^{-1}$	onbekend	
acetaldehyde	2	2 - 2000	40 $\mu\text{g l}^{-1}$	2400	
fijnstof	30	90 - 15000	0,3	nvt	
PAK's totaal	155 ng m ⁻³	155 - 155.000 ng m ⁻³	3,1 $\mu\text{g l}^{-1}$	nvt	0,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ Som 10 PAK's
B(a)P	0,6 ng m ⁻³	0,6 - 6.000 ng m ⁻³	0,12 $\mu\text{g l}^{-1}$	nvt	0,01 $\mu\text{g l}^{-1}$
Dioxinen	25 fg TEQ m ⁻³	25 - 250.000 fg TEQ m ⁻³	5 · 10 ⁻³ ng l ⁻¹	nvt	
	Elementen (ng m ⁻³)		Elementen ($\mu\text{g l}^{-1}$)		
Al (aluminium)	250	750 - 50.000	1	nvt	200
As (arseen)	0,5	2,5 - 500	0,01	nvt	10
Ba (barium)	20	60 - 20.000	0,4	nvt	
Br (broom)	5	50 - 5000	0,1	nvt	
Ca (calcium)	1000	3000 - 200.000	4	nvt	Tussen 1 en 2,5 mmol/l Ca + Mg
Cd (cadmium)	0,5	5 - 500	0,01	nvt	5
Co (cobalt)	0,5	Niet gemeten	-	nvt	
Cr (chromium)	5	15 - 250	0,005	nvt	
Cu (koper)	40	120 - 20.000	0,4	nvt	2
Fe (ijzer)	1000	5000 - 20.000	0,4	nvt	200
K (kalium)	400	Niet gemeten	-	nvt	
Mg (magnesium)	200	60.000	1,2	nvt	Tussen 1 en 2,5 mmol/l Ca + Mg
Mn (mangaan)	20	100 - 600	0,012	nvt	50
Mo (molybdeen)	0,5	Niet gemeten	-	nvt	
Ni (nikkel)	5	15 - 5000	0,1	nvt	20
Pb (lood)	25	75 - 25.000	0,5	nvt	10
Sb (antimoon)	3	30 - 3000	0,06	nvt	
Sn (tin)	2	20 - 2000	0,04	nvt	
Sr (strontium)	3	15 - 30	0,0006	nvt	
Ti (titanium)	20	100 - 2000	0,04	nvt	
V (vanadium)	10	Niet gemeten	-	nvt	
Zn (zink)	80	240 - 80.000	1,6	nvt	3 mg l ⁻¹

* De concentratie in water o.b.v. het Henry-evenwicht kan in theorie hoger worden dan bij een volledige overdracht van lucht naar water met RQ=20, als wordt uitgegaan van een voldoende lange contacttijd waarin evenwicht is

bereikt tussen gasfase en waterfase, de concentratie in de gasfase niet noemenswaardig afneemt, en als de stof een grote affiniteit heeft voor de waterfase.

** uitgaande van de Henry-coëfficiënt van NO₂

Concentraties in bekken als gevolg van depositie

Met behulp van veegmonsters kan een indicatie worden verkregen van de hoeveelheid depositie van verontreinigende deeltjes na een brand. Op die manier kan ook een indicatie worden verkregen van de hoeveelheid depositie in drinkwaterbekken na brand.

In Tabel 67 (Bijlage:) zijn de analyseresultaten van de veegmonsters weergegeven. Er is onderscheid gemaakt in elementen, PAK's en dioxinen. Naast een enkele keer PCB's zijn er geen andere verontreinigingen in de veegmonsters waargenomen. In Tabel 67 zijn ook de afstanden tot de brandhaard vermeld van de locaties waar de veegmonsters zijn genomen.

Deposities worden gegeven ten opzichte van achtergrondwaarden. De achtergrondwaarden (Bijlage:, Tabel 70) zijn afgeleid uit gegevens van diverse meetcampagnes en referentiemetingen bij enkele branden en uit literatuurgegevens.

Aangezien ook de door de MOD gemeten deposities een grote mate van onzekerheid kennen is er voor gekozen de verhoudingen van de gemeten deposities ten opzichte van de achtergrondwaarden niet in een getal uit te drukken, maar in een schaal van 0 tot +++. Deze schaalindeling is als volgt:

0 = niet of nauwelijks verhoogd (minder dan een factor 3),

+ = licht verhoogd (tot ongeveer een factor 10),

++ = verhoogd (tot ongeveer een factor 100),

+++ = sterk verhoogd (meer dan een factor 100)

Uit Tabel 67 blijkt dat gemeten depositie van verschillende zware metalen, PAKs en dioxines in de omgeving na een grote brand niet of licht verhoogd zijn. In slechts enkele gevallen is de depositie nog verder verhoogd. De metingen zijn verricht op enkele tientallen meters afstand van de brand tot enkele kilometers van de brand.

Als voorbeeld is als worst case situatie voor het noodspaarbekken van pb Berenplaat (afmetingen 6,8 miljoen m³, 1,37 km²) een schatting gemaakt van concentraties die zouden optreden bij een eenmalige depositie (als gevolg van een brand) die 100 maal hoger is dan de achtergronddepositie (Tabel 50). Het is een schatting omdat de spreiding in de achtergronddeposities, zoals vermeld in Tabel 70 (Bijlage:) groot is. Tabel 50 laat zien dat bij een depositie van 100 maal de achtergronddepositie er geen overschrijdingen van de normen van het Drinkwaterbesluit plaatsvinden van metalen en PAKs als gevolg van depositie voor zover er normen zijn.

Tabel 50. Worst case situatie van depositie en toename van de concentratie in het noodspaarbekken van pb Berenplaat bij een brand in de buurt met een depositie van 100 maal de achtergrondconcentratie.

Component	100 x achtergrond-depositie (mg/m ²)	Concentratie in spaarbekken pb Berenplaat (µg/l)	Norm Drinkwaterbesluit 2011 (µg/l)
Al	300	60	200
As	0,2	0,04	10
Ba	10	2	
Ca	1000	201	Hardheid 1 - 2,5 mmol/l
Mg	250	50	
Cd	0,3	0,06	5,0
Co	0,5	0,1	
Cr	1,5	0,3	50
Cu	0,4	0,08	2000
Fe	500	101	200
K	120	24	
Mn	12	2	50
Mo	0,2	0,04	
Ni	0,8	0,2	20
Pb	10	2	
Sb	0,2	0,04	
Sn	0,5	0,1	
Sr	8	1,6	
Ti	5	1	
V	1	0,2	
Zn	25	5	3000
Totaal PAKs	0,25	0,05	0,10
dioxinen	1000 pg TEQ m ⁻²	201 pg TEQ l ⁻¹	

10.2.7 Conclusie

Enkele vluchtige organische verbindingen, zoals benzeen, toluen, ethylbenzeen, PAKs en aldehydes zouden potentieel een probleem op kunnen leveren voor de drinkwaterkwaliteit (overschrijding van de normen in het Drinkwaterbesluit) als het waterproductiebedrijf zich in de pluim van de brand bevindt (binnen een kilometer van de brand) en lucht inneemt. Dit is bepaald onder de meest ongunstige omstandigheden: de maximale concentratie in de lucht bij branden in de periode 1997-2007, een lucht-watervrhouding van 20 en volledige overdracht van lucht naar water. Vluchtige verbindingen worden door de gangbare absoluutfilters (H11 t/m H14) niet tegengehouden. In zo'n geval zal het calamiteitenplan van de zuivering in werking moeten treden.

Depositie van zware metalen en PAKs na een brand in spaarbekkens heeft waarschijnlijk geen overschrijding van de normen in het Drinkwaterbesluit tot gevolg.

10.3 Brand bij Chemie-Pack in Moerdijk

10.3.1 Inleiding

Op woensdag 5 januari 2011 ontstond omstreeks 14.30 uur een brand bij het bedrijf Chemie-Pack te Moerdijk. Bij het bedrijf was een zeer groot aantal verschillende chemische stoffen aanwezig: anorganische en organische vloeistoffen en vaste stoffen. Deze stoffen waren op verschillende wijze opgeslagen en in verschillende eenheden verpakt. Op het bedrijfsterrein stond een aantal loodsen en

open opslagplaatsen. De brand ontwikkelde zich spoedig tot een zeer grote brand. De rook steeg door de grote bronsterkte tot circa 500 m hoogte (inversielaag) en verspreidde zich vervolgens in een noordelijke tot noordoostelijke richting en onder meer als gevolg van lichte regen heeft depositie van roetdeeltjes plaatsgevonden. Het was al snel duidelijk, dat de rook zich over een zeer groot gebied verspreidde en op grote afstand van de brandhaard waarneembaar was. Naar verwachting is het roet verspreid over een gebied van vele tientallen kilometers tussen Moerdijk en Gouda met mogelijke uitwaaiering richting Rijnmond en Haaglanden. Diverse klachten van blootstelling aan de rook zijn gemeld in bijvoorbeeld Rotterdam, Dordrecht en Gouda. Het sein "brand meester" is in de vroege ochtend van 6 januari gegeven, waarna nog geruime tijd is nageblust (Speksnijder e.a., 2011).

Het relatief dichtbij Moerdijk gelegen Eiland van Dordrecht (pb Baanhoek) en de Hoekse Waard (pb Berenplaat en pb Kralingen) vallen binnen het voorzieningsgebied van Evides. Moerdijk zelf valt in het voorzieningsgebied van Brabant Water. Evides heeft na het uitbreken van de brand direct voorzorgsmaatregelen getroffen om de kwaliteit van het geleverde drinkwater te garanderen. De lokale oppervlaktewaterbekkens van pb Kralingen, Baanhoek en Berenplaat zijn direct buiten gebruik gesteld middels het activeren van de bypass aansluitingen, waardoor ruwwater vanaf de Biesbosch direct via gesloten leidingen aan de desbetreffende zuivering werd toegevoerd in plaats van via de (open) lokale spaarbekkens. Evides is vanaf dat moment het oppervlaktewater zonder tussenopslag in de lokale bekkens gaan gebruiken uit de verder weg gelegen spaarbekkens in de Brabantse Biesbosch. Deze waren met zekerheid niet beïnvloed door de rookpluim.

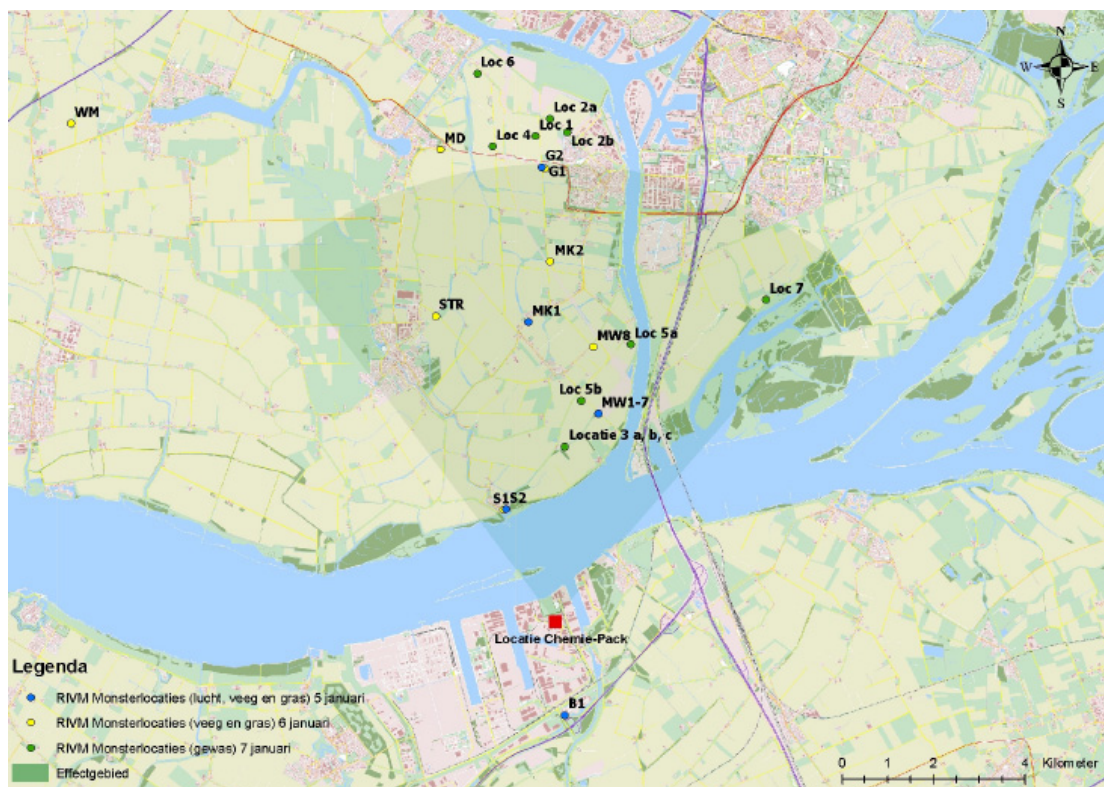
De lokale bekkens in Spijkenisse (Berenplaat) en Rotterdam (Kralingen) zijn enkele dagen na de brand weer in gebruik genomen, zodra bleek dat zich in dit oppervlaktewater geen roetdeeltjes bevonden. Het lokale bekken in Dordrecht (Baanhoek) ligt ten noorden van Dordrecht op circa 15 km afstand van de calamiteit. De rookpluim is hier direct overheen getrokken. Het lokale spaarbekken is na het ontstaan van de brand op 5 januari direct uit productie genomen en op 21 januari weer in gebruik genomen, omdat het water in het bekken toen weer van goede kwaliteit was (www.evides.nl).

Door de Milieugevallendienst (MOD) van het RIVM zijn op de dag van de brand (5 januari) luchtmetingen gedaan tot op 10 km afstand noordelijk van de brand (RIVM, 2011; RIVM 2011a) (Figuur 19). In de dagen na de brand zijn ook analyses uitgevoerd van het blus- en slootwater bij de brand, van oppervlaktewatermonsters (Waterschap Hollandse Delta, 2011), van watermonsters uit de spaarbekkens van Evides (Speksnijder e.a., 2011) en zijn er gewasanalyses uitgevoerd (Hoogenboom, e.a., 2011). De resultaten van de luchtmetingen en metingen in de lokale spaarbekkens van Evides worden hieronder besproken.

10.3.2 Luchtmetingen

De MOD van het RIVM heeft op de dag van de brand luchtmetingen verricht ten noorden van de brand in Moerdijk (Figuur 19) in de rookpluim tot op 10 km afstand. Het spaarbekken van pb Baanhoek ligt buiten dit gebied, op circa 15 km ten noordoosten van Chemie-Pack. De metingen zijn op vier plaatsen verricht:

- ten westen van 's Gravendeel op circa 10 km (G1 en G2)
- in Mookhoek op circa 7 km (MK1)
- Meeuwenoordseweg, ten oosten van Strijensas op circa 5 km (MW 1 t/m MW 7)
- bovenwinds op een industrieterrein op circa 2 km (B1)



Figuur 19. Omgeving van het bedrijf Chemie-Pack met monsterpunten van het RIVM waar de meeste effecten van de brand te verwachten waren (RIVM, 2011). Pb Baanhoek valt buiten de 10 km-zone.

10.3.3 Resultaten luchtmetingen

Voor de beoordeling van mogelijke gevolgen voor de gezondheid van mensen bij eenmalige blootstelling aan gevaarlijke stoffen die bij calamiteiten zijn vrijgekomen zijn Interventiewaarden Gevaarlijke Stoffen afgeleid voor 314 stoffen. Bij de afleiding wordt rekening gehouden met de meest gevoelige personen, inclusief kinderen en zwangeren. De interventiewaarden zijn afgeleid voor een blootstellingsduur van 1 uur. De duur van de brand in Moerdijk, en dus de duur van blootstelling, was aanzienlijk langer, circa 8 tot 10 uur. Voor toepassing van de interventiewaarden bij een blootstellingsduur van circa 8 tot 10 uur worden de 1-uurs interventiewaarden standaard met een factor 10 verlaagd. Er zijn drie interventiewaarden afgeleid: de voorlichtingsrichtwaarde, de alarmeringsgrenswaarde en de levensbedreigende waarde. De waarden zijn bedoeld voor toepassing in het kader van het regionale gasmeetplan. In Tabel 51 zijn enkele voorbeelden opgenomen (VROM, 2008).

De voorlichtingsrichtwaarde (VRW) is 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. Vaak is dit de concentratie waarbij blootgestelden beginnen te klagen over het waarnemen van de blootstelling.

De alarmeringsgrenswaarde (AGW) is de concentratie van een stof waarboven irreversibele of andere ernstige gezondheidsschade kan optreden door directe toxische effecten bij een blootstelling van één uur. De levensbedreigende waarde (LBW) is 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.

Voor dioxinen, PAK's en zware metalen zijn geen Nederlandse interventiewaarden of vergelijkbare waarden afgeleid; de risico's voor de gezondheid voor deze groepen van stoffen zijn in de risicobeoordeling op andere wijze geëvalueerd.

Tabel 51. Enkele voorbeelden van interventiewaarden voor een blootstellingsduur van één uur (VROM, 2008).

Stof	VRW (mg/m ³)	AGW (mg/m ³)	LBW (mg/m ³)
Ammoniak	20	100	1000
Benzeen	100	500	5000
Chloor	1	5	50
Chloordioxide	0,5	2	10
Dimethylsulfide	0,02	200	1000
Ethanol	1000	5000	20000
Fenol	2	200	1000
Hexaan	500	3950	39.500
CO ₂	-	50.000	100.000
CO	-	100	500
Monochloorbenzeen	50	1000	5000
Ozon	0,2	0,5	5
NO ₂	1	20	50
NO	2	100	-
Tolueen	100	1000	5000
SO ₂	1	5	100

Anorganische stoffen in de lucht

Meetploegen van de brandweer hebben in het benedenwindse gebied metingen uitgevoerd voor anorganische stoffen. Zij hebben met meetbuisjes indicatief de concentraties van stoffen zoals koolmonoxide (CO), stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO₂) en chloor gemeten. Dit zijn stoffen die vooral een acuut effect hebben. Volgens de beschikbare gegevens werden van geen van deze stoffen meetbare concentraties aangetroffen boven het detectieniveau van enkele ppm. Dit betekent dat de concentraties CO, NO_x en SO₂ niet boven het niveau van de interventiewaarde liggen.

Aldehyden en ketonen in de lucht

Van de zes verschillende gemeten aldehyden en ketonen was alleen de formaldehydeconcentratie op de Meeuwenoordseweg boven de bepalingsgrens, maar deze was niet hoger dan de lokale achtergrondwaarde in het bovenwindse gebied.

Vluchtige Organische Componenten in de lucht

De gemeten concentraties op de benedenwinds gelegen locaties zijn in het algemeen niet verhoogd ten opzichte van die op de bovenwindse locatie (Tabel 52). Op de bovenwindse locatie worden echter ook vaak concentraties gemeten die (ver) boven de achtergrondconcentratie liggen (vergelijk met Tabel 49).

Bij het meetpunt Mookhoek op 7 km afstand van de brand zijn enkele stoffen in verhoogde concentraties aangetroffen: benzeen (11 µg/m³), n-hexaan (16 µg/m³), 3-methylhexaan (11 µg/m³) en 2,2,4-trimethylpentaan (15 µg/m³). Ook tolueen is in een hoge concentratie gemeten (109 µg/m³) alhoewel het niet sterk verhoogd is ten opzichte van de benedenwindse meetlocatie. Benzeen- en tolueenconcentraties liggen laag in de range van typische concentraties in de lucht bij branden (vergelijk Tabel 49).

De concentraties benzeen en tolueen in de lucht op meetpunt Mookhoek zijn lager dan de hoogste metingen in de periode 2003 – 2008 in het reguliere luchtmeetnet van DCMR (Tabel 16). Deze waren 150 µg/m³ voor benzeen en 146 µg/m³ voor tolueen (zie hiervoor de hoofdstukken over Berenplaat en Kralingen). Een concentratie van 109 µg/m³, zoals gemeten bij meetpunt Mookhoek, kan echter potentieel een risico opleveren voor de drinkwaterkwaliteit als een waterproductiebedrijf intensief belucht (bijvoorbeeld RQ = 20) en als wordt uitgegaan van volledige overdracht van lucht naar water. De concentratie tolueen in het water wordt dan 2 µg/l, wat hoger is dan de norm in het Drinkwaterbesluit (1 µg/l).

Tabel 52. Concentraties vluchtige organische stoffen in de rookpluim in de avond na de brand bij Moerdijk.

Omschrijving	Meetpunt Mookhoek	Meetpunt s Gravendeel	Meetpunt Meeuwenoordseweg	Gemeten bovenwinds 5 januari
Eenheid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Monstername	5 januari 20:45 – 23:20	5 januari 21:30 – 00:30	5/6 januari 23:00 – 02:30	6 januari 02:00 – 04:00
<i>aromaten</i>				
benzeen	11	< 10	< 10	< 10
tolueen	109	24	22	103
ethylbenzeen	23	< 10	< 10	27
p,m-xyleen	70	21	18	95
o-xyleen	26	< 10	< 10	29
styreen	< 10	< 10	< 10	< 10
iso-propylbenzeen	< 10	< 10	< 10	< 10
n-propylbenzeen	< 10	< 10	< 10	22
3-ethyltolueen	17	< 10	< 10	65
4-ethyltolueen	< 10	< 10	< 10	32
1,3,5-trimethylbenzeen	< 10	< 10	< 10	28
2-ethyltolueen	< 10	< 10	< 10	22
1,2,4-trimethylbenzeen	25	< 10	< 10	84
1,2,3-trimethylbenzeen	< 10	< 10	< 10	12
naftaleen	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>alkanen</i>				
n-hexaan	16	< 10	< 10	< 10
n-heptaan	< 10	< 10	< 10	< 10
n-oktaan	< 10	< 10	< 10	< 10
n-nonaan	< 10	< 10	< 10	< 10
n-decaan	< 10	< 10	< 10	< 10
n-undecaan	< 10	< 10	< 10	< 10
n-dodecaan	< 10	< 10	< 10	< 10
n-tridecaan	< 10	< 10	< 10	< 10
n-tetradecaan	< 10	< 10	< 10	< 10
cyclohexaan	< 10	< 10	< 10	< 10
2-methylhexaan	< 10	< 10	< 10	< 10
3-methylhexaan	11	< 10	< 10	< 10
2,2,4-trimethylpentaan	15	< 10	< 10	< 10
methylcyclohexaan	< 10	< 10	< 10	< 10
2-methylheptaan	< 10	< 10	< 10	< 10
3-methylheptaan	< 10	< 10	< 10	< 10
methylcyclopentaan	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>chloorkoolwaterstoffen</i>				
1,1,1-trichloorethaan	< 10	< 10	< 10	< 10
1,2-dichloorethaan	< 10	< 10	< 10	< 10
tetrachloormethaan	< 10	< 10	< 10	< 10
trichlooretheen	< 10	< 10	< 10	< 10
tetrachlooretheen	< 10	< 10	< 10	12
<i>diversen</i>				
iso-butylacetaat	< 20	< 20	< 20	< 20
n-butylacetaat	< 20	< 20	< 20	< 20
methylisobutylketon	< 20	< 20	< 20	< 20

Dioxinen in de lucht

Dioxinen in de lucht komen voor als component in luchtstof. De bovenwinds gemeten dioxineconcentratie in de lucht ligt onder de detectiegrens. In de benedenwindse zone zijn de gemeten

dioxineconcentraties in de lucht op 5 km (Meeuwenoordseweg) en 10 km ('s-Gravendeel) van de brandhaard verhoogd ten opzichte van de bovenwinds gemeten concentratie. Voor de locatie op circa 7 km (Mookhoek) is dat niet het geval. In de periode van de metingen tijdens de brand was er een verhoogde dioxineconcentraties in de lucht aanwezig in de zone tot circa 10 km benedenwinds.

Tabel 53. Luchtconcentratie van stofgebonden dioxinen in de avond na de brand bij Moerdijk.

Meetpunt	Meeuwenoordseweg	Mookhoek	's-Gravendeel	Bovenwinds industrieel terrein
Monstername	5/6 januari 23:00 – 02:30	5 januari 20:45 – 23:20	5 januari 21:30 – 00:30	6 januari 02:00 – 04:00
Dioxine-concentratie (pg TEQ / m ³)	0,6	< 0,15	0,2	< 0,15

PAK's in de lucht

PAK's in de lucht komen net als dioxinen voor als component in luchtstof en er zijn vluchtige PAK's. Voor benzo(a)pyreen is er een gradiënt te zien die door de brand veroorzaakt zou kunnen zijn: de bovenwinds gemeten concentratie is het laagste en de benedenwinds gemeten concentraties nemen af met toenemende afstand tot de brand. Voor de concentraties totaal PAK's (somwaarde van de 16 EPA PAK's) is de concentratie bovenwinds groter dan de concentratie benedenwinds. Dit blijkt vooral te zijn veroorzaakt door een hoge concentratie naftaleen op de bovenwindse locatie.

Tabel 54. Luchtconcentratie van gasvormige en stofgebonden PAK's in de avond na de brand bij Moerdijk (ng/m³).

Meetpunt	Meeuwenoordse weg	Mookhoek	's-Gravendeel	Bovenwinds industrieel terrein
Monstername	5/6 januari 23:00 – 02:30	5 januari 20:45 – 23:20	5 januari 21:30 – 00:30	6 januari 02:00 – 04:00
Benzo(a)pyreen	10	1,2	0,5	0,3
16 EPA PAK's	93	8,9	120	835

Zware metalen en andere elementen in de lucht

Zware metalen in de lucht komen voor als component in luchtstof. Er werden 25 zware metalen en andere elementen gemeten. Alleen voor nikkel liggen de concentraties zowel op het bovenwindse meetpunt als op de benedenwindse meetpunten, boven de Toegestane Concentratie in Lucht (TCL), vastgesteld door het RIVM. Die geldt voor een levenslange blootstelling. De norm is 0,05 µg/m³ en in de lucht werden op de vier meetpunten tussen 0,7 en 1,3 µg/m³.

Voor deze paragraaf zijn de volgende websites geraadpleegd:

www.vrzhz.nl/info-brand-moerdijk.html

www.vrzhz.nl/info-brand-moerdijk/berichtgeving-op-datum.html

www.rivm.nl/milieuportaal/nieuws/stand-van-zaken-brand-moerdijk.jsp

<http://crisis01.crisis.nl/>

10.3.4 Conclusies luchtmetingen

- De gemeten concentraties vluchtige organische stoffen op de benedenwinds gelegen locaties zijn in het algemeen niet verhoogd ten opzichte van die op de bovenwindse locatie.

- Op de bovenwindse locatie worden ook vaak concentraties gemeten die (ver) boven de achtergrondconcentratie liggen en dus geen effect van de brand zijn.
- Bij het meetpunt Mookhoek op 7 km afstand van de brand zijn enkele stoffen in verhoogde concentraties aangetroffen: benzeen, toluen, n-hexaan, 3-methylhexaan en 2,2,4-trimethylpentaan.
- Een concentratie van 109 µg/m³ toluen, zoals gemeten bij meetpunt Mookhoek op 7 km afstand van de brand, kan potentieel een risico opleveren voor de drinkwaterkwaliteit bij intensieve beluchting en bij volledige overdracht van lucht naar water.
- In de periode van de metingen tijdens de brand was er een verhoogde dioxineconcentraties in de lucht aanwezig in de zone tot circa 10 km benedenwinds.
- Voor benzo(a)pyreen is er een gradiënt te zien die door de brand veroorzaakt zou kunnen zijn: de bovenwinds gemeten concentratie is het laagste en de benedenwinds gemeten concentraties nemen af met toenemende afstand tot de brand.
- Voor de concentraties totaal PAK's (somwaarde van de 16 EPA PAK's) is de concentratie bovenwinds groter dan de concentratie benedenwinds. Dit blijkt vooral te zijn veroorzaakt door een hoge concentratie naftaleen op de bovenwindse locatie.
- Van de 25 gemeten zware metalen en andere elementen werd alleen nikkel gemeten in concentraties boven de Toegestane Concentratie in Lucht, maar dit was ook het geval voor het bovenwindse meetpunt.

10.3.5 Directe monsternamen water

Op 6 januari zijn door Brabantse Delta monsters genomen van het blus- en slootwater direct rond de plek van de calamiteit. Door Evides zijn op 6 januari monsters genomen van de lokale oppervlaktewaterspaarbekken van pb Kralingen (Rotterdam), pb Baanhoek (Dordrecht) en pb Braakman (nabij Terneuzen). Dit laatste spaarbekken wordt gevoed vanuit hetzelfde oppervlaktewater als de spaarbekken van pb Kralingen en pb Baanhoek, maar is buiten het bereik van de rookpluim gebleven en dient daarom als referentie.

Op 8 januari is door Evides een monster genomen van het spaarbekken Petrusplaat. Dit is het meest noordwestelijk gelegen spaarbekken van de drie centrale spaarbekken in de Biesbosch. Dezelfde dag zijn door Waternet monsters genomen uit het Lekkanaal (Nieuwegein) bij de inlaat van de voorzuivering van het WRK-water, uit de Waterleidingplas bij Loosdrecht en bij het bijbehorende influent voor de transportleiding pb Weesperkarspel.

10.3.6 Resultaten analyse watermonsters

Visueel was zichtbaar dat de monsters van het blus- en slootwater zwaar verontreinigd waren. In het monster van spaarbekken Baanhoek waren drijvende roetdeeltjes zichtbaar. De overige monsters vertoonden geen bijzonderheden.

In het blus- en slootwater in de directe omgeving van de brand zijn vele stoffen in hoge gehalten aangetroffen. Met behulp van GC-MS en LC-MS zijn circa 100 stoffen aangetoond in concentraties van 3 mg/l tot 700 mg/l. De concentraties zijn semi-kwantitatief vastgesteld op basis van anthraceen-, atrazine- en bentazon-equivalenten. De totale concentratie kan oplopen tot circa 3380 mg/l. Met de GC-MS zijn diverse alkylfenolen, alkylbenzenen, alifatische koolwaterstoffen, naftaleen en nitroacetaten aangetroffen.

Verder zijn alleen in het lokale oppervlaktewaterspaarbekken van pb Baanhoek stoffen in verhoogde concentraties aangetroffen. Met behulp van GC-MS en LC-MS zijn enkele tientallen stoffen aangetoond (vergeleken met het referentiemonster van het spaarbekken van pb Braakman) in concentraties van 0,03 µg/l tot 6 µg/l. De concentratierange was op basis van anthraceen-, atrazine- en bentazon-equivalenten. De totale concentratie kan oplopen tot circa 13 µg/l.

In het monster uit het lokale oppervlaktewaterspaarbekken van pb Baanhoek is met de LC-MS gezocht naar chloor- en broomverbindingen. Broomverbindingen zijn niet aangetroffen, althans niet boven de 10 ng/l. Er is een dichloorverbinding aangetroffen met de molecuulformule C₁₄H₁₄ON₂Cl₂, mogelijk bromacil.

Er zijn onder andere benzotriazolen, trifenylfosfineoxide, metaboliëten van phenazon, caprolactam en surfynol geïdentificeerd. Van de tien stoffen die de hoogste respons gaven, zijn er zeven niet eerder door KWR in watermonsters aangetoond en niet aanwezig in de *in house* database. Verder zijn er twee (niet verder geïdentificeerde) isomeren van aromatische koolwaterstoffen aangetoond. Een tiende stof is eerder aangetoond als hoofdcomponent in ziekenhuisafvalwater. Het feit dat veel van de stoffen geen standaard waterverontreiniging zijn, is een aanwijzing voor relatie met de calamiteit. Opgemerkt moet worden dat de analyse zich richtte op redelijk tot goed wateroplosbare verbindingen.

Met de GC-MS screening is in het monster van het lokale oppervlaktewaterspaarbekken Baanhoek fenol (0,4 µg/l), cresol en C₃-benzeen (propylbenzeen) (0,2 µg/l) en 2 types C₄-benzeen (butylbenzeen) (0,6 µg/l en 1,4 µg/l) aangetroffen. Met de gehanteerde methode zijn boven de 1 µg/l geen dioxines en dibenzofuranen aangetoond.

Van enkele stoffen wordt de norm uit het drinkwaterbesluit van 0,1 µg/l of 1 µg/l overschreden in het lokale spaarbekken van pb Baanhoek.

Van de 50 in het lokale oppervlaktewaterspaarbekken Baanhoek aangetoonde stoffen met LC-MS positieve ionisatie zijn er zes overeenkomend met de blus- en slootwatermonsters. Twee hiervan zijn geïdentificeerd met de molecuulformule C₆H₁₂NO (mogelijk Caprolactam) en een alifatische verbinding heeft de molecuulformule C₂₁H₄₃O₃N₂. Van de tien stoffen die in de hoogste concentraties in het sloot- en bluswater zijn aangetroffen, worden er twee in lage concentratie aangetroffen in Baanhoek.

De met GC-MS in het lokale oppervlaktewaterspaarbekken Baanhoek aangetroffen stoffen fenol, cresol en C₃-benzeen zijn niet aangetroffen in blus- en slootwater boven een gehalte van 0,4 µg/l, C₄-benzeen wel (Speksnijder, e.a., 2011).

10.3.7 Conclusies watermetingen

- Monsters van het blus- en slootwater waren visueel zwaar verontreinigd na de brand. In het blus- en slootwater in de directe omgeving van de brand zijn circa 100 stoffen aangetoond in concentraties van 3 mg/l tot 700 mg/l. Met de GC-MS zijn diverse alkylfenolen, alkylbenzenen, alifatische koolwaterstoffen, naftaleen en nitroacetaten aangetroffen.
- In het monster van het lokale oppervlaktewaterspaarbekken Baanhoek (15 km van de brand) waren de dag na de brand drijvende roetdeeltjes zichtbaar. Enkele tientallen stoffen zijn aangetoond in concentraties van 0,03 µg/l tot 6 µg/l. Er zijn met LC-MS onder andere benzotriazolen, trifenylfosfineoxide, metaboliëten van phenazon, caprolactam en surfynol geïdentificeerd. Met de GC-MS screening is in het monster van Baanhoek fenol (0,4 µg/l), cresol en C₃-benzeen (propylbenzeen) (0,2 µg/l) en 2 types C₄-benzeen (butylbenzeen) (0,6 µg/l en 1,4 µg/l) aangetroffen. Van enkele stoffen werd de norm uit het drinkwaterbesluit van 0,1 µg/l of 1 µg/l overschreden in het spaarbekken van pb Baanhoek. Aangezien het lokale spaarbekken direct na bekend worden van de situatie te Moerdijk is gebypast zijn deze verontreinigingen niet in de zuivering en het drinkwater terecht gekomen.
- De monsters uit de andere spaarbekken vertoonden geen bijzonderheden.

11 Algemene Discussie

11.1 Inventarisatie luchtfilters in de drinkwaterzuivering

Uit een inventarisatie binnen de Nederlandse en Vlaamse waterleidingbedrijven (Roest, 2008) blijkt dat slechts drie van de tien ondervraagde bedrijven beleid hebben vastgelegd met betrekking tot de kwaliteit van proces- en spoellucht. Vier bedrijven hebben wel beleid, maar dat is niet vastgelegd in een document.

Er zijn geen richtlijnen voor bijvoorbeeld de hoeveelheid micro-organismen, fijnstof of vluchtige organische stoffen in de lucht die aanvaardbaar zijn voor gebruik in de zuivering.

Uit de inventarisatie uit 2008 bleek ook dat de risico's van het gebruik van omgevingslucht niet goed bekend zijn. Dat maakt een gefundeerde keuze voor een luchtfilter lastig. Ingenomen lucht wordt niet bemonsterd en geanalyseerd door de bedrijven.

De overheid heeft geen eenduidige beleidsrichtlijnen opgesteld voor lucht en luchtfiltratie in de drinkwaterzuivering. Er is ook geen structurele nationale beleidsvisie over de maatregelen die getroffen moeten worden bij een calamiteit. Wel bestaan er memo's en notities bij vijf drinkwaterbedrijven waarin wordt geadviseerd bij een calamiteit de proceslucht uit te schakelen of productiebedrijven helemaal stil te leggen (en eventueel alleen grondwater te gebruiken). Eén drinkwaterbedrijf gaf aan in het geval van calamiteiten de richtlijnen van de overheid te volgen en een ander bedrijf gebruikt bij calamiteiten het DRIMKO-rapport (Kwakman en Reinen, 2008) als richtlijn (bij nucleaire ongevallen).

De helft van de drinkwaterbedrijven uit de inventarisatie van Roest (2008) heeft eisen gesteld aan de vorm van luchtfiltratie. Proceslucht zou volgens de beleidsrichtlijnen door middel van zweefstoffilters (absoluutfilters, HEPA-filters) gezuiverd moeten worden, maar in de praktijk worden zweefstoffilters voor proceslucht maar bij drie bedrijven toegepast. Ook fijnstoffilters worden minder toegepast (2x) dan is voorgeschreven in de eigen richtlijnen (3x).

Het beleid voor beademingsluchtfiltratie verschilt aanzienlijk tussen de bedrijven. Bij vier bedrijven zou beademingslucht door middel van zweefstoffilters gezuiverd moeten worden, terwijl bij drie andere bedrijven kan worden volstaan met grofstoffilters. In de praktijk worden bij drie bedrijven zweefstoffilters gebruikt voor het zuiveren van beademingslucht.

De helft van de drinkwaterbedrijven in de inventarisatie heeft luchtfilters op voorraad, vooral zweefstoffilters. Enkele bedrijven plaatsen uit energetisch oogpunt alleen een grof- en fijnstofilter tot klasse F9 en houden voor een eventuele calamiteit of een terroristische aanslag HEPA filters H13 in voorraad.

Er zijn vier bedrijven met controlerichtlijnen voor nieuw geïnstalleerde luchtfilters (met name visuele lekheidscontrole). De richtlijnen voor de frequentie van lektheidstesten na installatie verschillen aanzienlijk. Bij vijf van de tien bedrijven wordt de lektheid en de goede werking van de geïnstalleerde filters op alle locaties regelmatig gecontroleerd. Filterinspectie is doorgaans visueel, maar ook breekplaten worden regelmatig toegepast. Breekplaten kunnen continue monitoring faciliteren. Praktijkproblemen met luchtfilters zijn verstopping door vocht of vervuiling.

11.2 Vergelijking luchtfilters op de zes productiebedrijven

Uit de inventarisatie van Roest (2008) blijkt dat de bedrijven verschillende eisen stellen met betrekking tot luchtfiltratie voor spoellucht, proceslucht en beademingslucht voor reinwaterkelders. In de huidige risicoanalyse zijn zes waterproductiebedrijven onderzocht. De diversiteit in luchtfiltratiesystemen die Roest (2008) vaststelt, wordt hier bevestigd. Bij pb Berenplaat (Evides) worden alleen fijnstoffilters gebruikt terwijl voor de RWK van pb Kralingen (Evides) een H11 absoluutfilter wordt gebruikt. Voor dit laatste is specifiek gekozen vanwege fijnstof en roetdeeltjes die vanaf de snelweg geëmitteerd worden.

Op de locaties waar oppervlaktewater wordt gezuiverd¹, is sprake van een minder intensieve beluchting dan bij grondwaterbedrijven en bovendien desinfectie in de zuivering. Daarom is het begrijpelijk dat oppervlaktewaterbedrijven minder vergaande luchtfilters gebruiken.

Tussen de onderzochte grondwaterbedrijven zijn ook opvallende verschillen waar te nemen. Bij pb Annen (WMD) worden alleen fijnstoffilters (F9) gebruikt, terwijl voor pb Nietap (WG), een vergelijkbaar productiebedrijf ook in de landelijke omgeving, voor de RWK een absoluutfilter (H13) wordt gebruikt. Verder valt op dat bij wpb Welschap (langs de snelweg, Brabant Water) en OPB De Beitel (op een industrieterrein, WML) voor vrijwel alle processen een fijnstoffilter (F7) gecombineerd wordt met het absoluutfilter H13.

Tabel 55. Luchtfiltertype voor verschillende luchtgebruikende processen op de zes productiebedrijven.

Proces	Welschap	Berenplaat	Kralingen	Nietap	Annen	De Beitel
cascade	F7/H13	-	n.a.	G4/F9	n.a.	n.a.
BOT	F7/H13	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ontzuring	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	F9	F7/H13
Beluchting (voor)filtratie	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	F9	F7/H13
gebouwlucht	-	F7	-	-	-	-
Spoellucht (voor- of na-)filtratie	F7/H13	F7	-	G4/F9	F9	F7
reinwaterkelder	F7/H13	F8/9	H11	H13	F9	H13

n.a. processtap niet aanwezig

- geen luchtfilter geplaatst

11.3 Discussie huidige beleid luchtfiltratie

Vitens heeft als beleid om voor proceslucht absoluutfilters te gebruiken, voor spoellucht fijnstoffilters en voor werklucht geen filtratie als de aanzuiging in het gebouw plaatsvindt (Bakker e.a., 2006). Dit beleid is vooral gebaseerd op microbiologische gronden. Er wordt onderscheid gemaakt tussen actieve proceslucht en passieve proceslucht. Onder actieve proceslucht wordt geforceerde beluchting, zoals bij filters, plaatbeluchters en beluchtingstorens verstaan. Met passieve proceslucht worden vooral ademopeningen op filterketels, winputten en waterreservoirs met minder luchtuitwisseling dan bij actieve proceslucht bedoeld. Voor actieve proceslucht is het voornemen van Vitens om H13 absoluutfilters te gebruiken, om bacteriën volledig uit de lucht te verwijderen, eventueel voorafgaand door een fijnstoffilter. Voor passieve proceslucht wordt eveneens een zweefstoffilter gebruikt (behalve bij winputten).

Voor het gebruik van omgevingslucht als spoellucht is volgens Vitens een minder diepgaande luchtzuivering nodig. De contacttijd tussen de spoellucht en het water is vaak maar enkele minuten per dag en het spoelwater wordt afgevoerd, zodat er een geringer risico is op verontreiniging van drinkwater. Vitens kiest daarom voor fijnstoffilters.

Onder werklucht verstaat Vitens lucht voor aansturen van pneumatisch gestuurde elementen (bijvoorbeeld afsluiters), lucht voor het bijvullen van een hydrofoorinstallatie en lucht voor werkplaatsdoeleinden. Hiervoor is geen filtratie nodig.

Vitens geeft aan dat de exploitatiekosten van absoluutfilters meevallen. Voor één reinwaterkelder is dit circa 200 euro per jaar (inclusief inspectie). Een absoluutfilter voor de ademlucht op een reinwaterkelder gaat bij Vitens vijf jaar mee.

¹ Deze zinsnede geldt voor de locaties die in deze rapportage als case zijn onderzocht. Op locaties van Dunea (Scheveningen, Katwijk en Monster) en PWN (Bergen en Wijk aan Zee) wordt het water met o.a. beluchting behandeld. Bij PWN zijn F7 fijnstoffilters geplaatst vóór de beluchting, met een voorbereiding op omwisselen met H13 absoluutfilters bij een verstoring.

Het bedrijfsbureau van Brabant Water adviseerde in 2002 om geen absoluutfilters in de zuiveringen van Brabant Water toe te passen, maar om bij geforceerde beluchting fijnstoffilters te gebruiken die fijnstof voor minimaal 75% verwijderen (Coppens, 2002). Als redenen wordt aangegeven:

- Bij een nucleaire ramp is de besmetting via drinkwater in het slechtste geval 2% ten opzichte van de totale blootstelling via alle besmettingsroutes (met name via directe inademing van lucht) (Trouwborst e.a., 1986) als er geen luchtfilters worden gebruikt. Fijnstoffilters verwijderen circa 75% van de nucleaire deeltjes, waardoor het aandeel van de besmetting via drinkwater nog kleiner wordt. Absoluutfilters zullen dus nog maar een minimale bijdrage leveren aan de vermindering van de totale besmetting bij een nucleaire ramp.
- Absoluutfilters kunnen een nadelig effect hebben op de beluchting, omdat de kans bestaat dat deze filters door bijvoorbeeld vocht dicht gaan zitten. Als gevolg hiervan wordt de hoeveelheid proceslucht minder en de beluchting minder effectief.
- De kosten van absoluutfilters zijn relatief hoog.
- Het is niet te garanderen dat de lucht die voor beluchtingsdoeleinden wordt gebruikt voor 100% door het absoluutfilter is gegaan. Een klein deel van de lucht zal altijd via naden en kieren naar binnen komen. Er wordt geen steriele lucht geproduceerd.

Dit advies is gebaseerd op het tegenhouden van nucleaire deeltjes en houdt geen rekening met andere risico's zoals bacteriën en virussen, waarvoor mogelijk wel absoluutfilters nodig zijn.

Door Brabant Water is voor wpb Welschap bewust gekozen om tegen het beleid in absoluutfilters te gebruiken in verband met het risico op luchtverontreiniging vanaf de snelweg. De fijnstoffilters op wpb Welschap moeten vanwege vervuiling tweemaal per jaar vervangen worden. De absoluutfilters (die erachter staan) worden slechts één keer per vijf jaar vervangen (en soms is dat dan nog preventief). Er is echter wel weerstandsbouw door vervuiling op de absoluutfilters.

Bij Waterleidingmaatschappij Drenthe (WMD) is het niet een standaardprocedure om absoluutfilters te gebruiken bij processen met intensieve beluchting. Zie ook het hoofdstuk over pb Annen. De WMD heeft wel absoluutfilters op voorraad. Bij een calamiteit kunnen deze de huidige fijnstoffilters vervangen.

PWN heeft absoluutfilters geplaatst op bijna alle plaatsen waar lucht in contact komt met water na de primaire desinfectie. Het onderhouden van deze absoluutfilters is geen sinecure, maar uitvoeren van het periodiek onderhoud moet uitgangspunt zijn. Het vervangen van fijnstoffilters door absoluutfilters (waar nodig) bij een aanslag of calamiteit lijkt PWN niet realistisch.

Evides heeft een niet-kwantitatieve analyse uitgevoerd voor nucleaire fall-out (radioactieve deeltjes die na een nucleaire ramp voor radioactieve depositie kunnen zorgen). Er werd geconcludeerd dat het niet zinvol was om pb Kralingen uit te voeren met luchtfilters die ook radioactiviteit weren, aangezien bij een nucleaire fall-out waarschijnlijk ook de bronnen (Biesbosch-bekken, spaarbekken) gecontamineerd zijn. Bij de grondwaterbedrijven, die ook als nooddrinkwatervoorziening fungeren, zijn wel luchtfilters in gebruik.

Verder dan dit is het tot heden voor de oppervlaktewaterzuiveringen nog niet gegaan maar dat staat nu wel op de agenda bij Evides. Een mogelijkheid is te handelen als op pb Braakman. De maatregelen op pb Braakman bij luchtverontreiniging zijn verwoord in een zogenaamd aanloopscenario en omvatten 1) melding door Veiligheidsregio; 2) evacuatie bedienend personeel, procesvoering op automatisch bedrijf; 3) bypassen van de open spaarbekken nabij de zuivering; 4) reservoirs op zo constant mogelijk niveau bedrijven; 5) staken filterspoelingen luchtfase.

11.4 Advies RIVM en VROM

In het RIVM-rapport van Kwakman en Reinen (2008), het zogenaamde DRIMKO-rapport, worden aanbevelingen voor maatregelen gedaan bij het overtrekken van een radioactieve wolk. Deze zijn ook toepasbaar op andere soorten luchtverontreiniging:

- gedurende korte tijd, enkele dagen tot een week, voorzuiveren van de gebruikte lucht nodig voor beluchtingsprocessen, bij voorkeur met absoluutfilters.

- tot een minimum beperken van de beluchting gedurende enkele dagen met behoud van de minimaal vereiste waterkwaliteit.
- tijdelijk gebruik maken van zuurstof of perslucht. Het op een korte termijn inpassen hiervan in de zuivering kan een probleem zijn.

Het tijdelijk stoppen van de inname van besmet ruwwater uit het meng- of voorraadbekken en, indien mogelijk, gebruik maken van niet besmet ruwwater, is een belangrijke optie voor het winnen van tijd voor het nemen van verdere maatregelen. In de tussentijd kan de besmetting in de voorraadbekken door fysisch verval of door sedimentatie afnemen. Als de verontreiniging in het bekken slechts bestaat uit deeltjes en deze deeltjes in infiltratiepanden volledig worden verwijderd kan de inname mogelijk gewoon doorgaan.

In het kader van GMP (*Good Manufacturing Practice*) geeft VROM het volgende aan (notitie Regterschot, 2001):

- onafhankelijk van nucleaire dreiging is het noodzakelijk de lucht te zuiveren van fijne stofdeeltjes en organisch materiaal
- de waterleidingbedrijven dienen een calamiteitenplan te hebben waarin wordt aangegeven welke maatregelen worden genomen bij een nucleaire calamiteit.

VROM geeft tevens aan dat t.a.v. de luchtbehandeling het onvoldoende is om de lucht te filteren met vliegengaas of een grofstoffilter en dat de lucht minimaal moet worden gefilterd door fijnstoffilters. Bij de keuze moet rekening gehouden worden met lokale omstandigheden (emissies vanaf snelwegen, industrieterreinen, mest uitrijden e.d.).

Verder geeft VROM aan dat het aandeel van de totale blootstelling van de mens door drinkwater middels beluchting van grondwater met radioactief materiaal bevattende lucht significant lager is dan de belasting via ademhaling als er vanuit wordt gegaan dat er geen filtratie van de lucht wordt toegepast. Dit betekent dat ten aanzien van dit punt kan worden volstaan met fijnstoffilters.

Regterschot (2001) geeft aan dat bij een nucleaire calamiteit desgewenst de intensieve beluchting kan worden stopgezet door uitschakelen van de ventilatoren en worden overgegaan op natuurlijke beluchting.

11.5 Advies naar aanleiding van deze risicoanalyse

In geval van een natuurlijke beluchting is luchtfiltratie via grofstoffilters de aangewezen methode om het binnendringen van grove delen te beperken. Momenteel zijn bijna alle productiebedrijven in Nederland minimaal voorzien van grofstoffilters. Als de beluchting geforceerd wordt uitgevoerd kan het raadzaam zijn om ter beperking van het onderhoud aan ventilatoren en luchtkanalen de lucht met een fijner filter te filtreren. Het aantal deeltjes dat via de lucht in het water komt, wordt daardoor kleiner. Het risico van een fijner filter is dat door verstopping van de luchtfilters onvoldoende lucht naar het proces wordt toegevoerd, waardoor de waterkwaliteit achteruit gaat (Keltjens, 2006).

Bij gebruik van absoluutfilters zal geen steriele lucht worden geproduceerd. Er zijn altijd nog naden en kieren waardoor lucht ook naar binnen kan komen. Vluchtige verbindingen worden ook niet door absoluutfilters verwijderd. Hiervoor zouden de filters moeten worden voorzien van een sorptiemiddel, bijvoorbeeld actief kool.

Als in de buurt van een productiebedrijf tijdelijk de lucht verontreinigd is, kan overwogen worden om tijdelijk absoluutfilters te gebruiken. Ook kan er voor gekozen worden om tijdelijk de productie stil te leggen, bijvoorbeeld bij een brand in de buurt. Het is niet zinvol om voor elk denkbaar geval een zuiveringstechnische oplossing tegen luchtverontreiniging te bedenken.

De keuze voor het type luchtfilters in de drinkwaterzuivering zal af moeten hangen van de specifieke risico's in de buurt van de zuivering. Afhankelijk van de lokale omstandigheden dient bij filters met een hoog verwijderingsrendement een grofstof- of fijnstoffilter als voorfilter te worden geplaatst waarmee de standtijd van het filter erna wordt verlengd. Dit kan in samenspraak met de leverancier of op basis van ervaring worden bepaald.

Fijnstof

Als het doel van de luchtfiltratie is om fijnstof te verwijderen, kan vermoedelijk worden volstaan met een fijnstoffilter F9 als fijnste filter. Volgens Figuur 1 wordt fijnstof voor minimaal 85% verwijderd met een F9 fijnstoffilter (deeltjes van 0,2 µm). Kleinere (tot 0,01 µm) en grotere deeltjes worden voor 85% tot 100% verwijderd. Als een F9 fijnstoffilter in twee stappen wordt gebruikt, is de verwijdering van fijnstof minimaal 98%.

Volgens gegevens van McLeod Russel (Figuur 20) zijn meer dan 99,9% van de fijnstofdeeltjes in de lucht kleiner dan 1 µm en is heeft circa 15% tot 20% van de deeltjes een diameter tussen 0,1 en 0,3 µm. Deze deeltjes worden het slechts verwijderd met behulp van fijnstoffilters.

Er moet een afweging worden gemaakt wat het risico is als nog enkele procenten van (in dit geval) fijnstof doordringen in het water. Er is vooral onderzoek gedaan naar de effecten van het inademen van fijnstof op de gezondheid en het is niet altijd bekend wat de exacte samenstelling van fijnstof is. Fijnstof is een deeltjesvormige luchtverontreiniging. Het is een complex mengsel van deeltjes van verschillende grootte en van diverse chemische samenstelling. Over het algemeen is koolstof het meest voorkomende element in het fijnstof uit een rookpluim (circa 60%) in de vorm van roet en een groot aantal stofgebonden koolwaterstoffen (Mennen en Van Belle, 2007). Het koolstofgehalte in fijnstof bemonsterd op een stadsachtergrondlocatie en nabij een snelweg varieerde van ongeveer 15 tot 35%, waarvan een kwart tot een derde uit elementair koolstof (roet) bestond en de rest uit organische verbindingen. De rest van het fijnstof bestaat uit anorganische componenten.

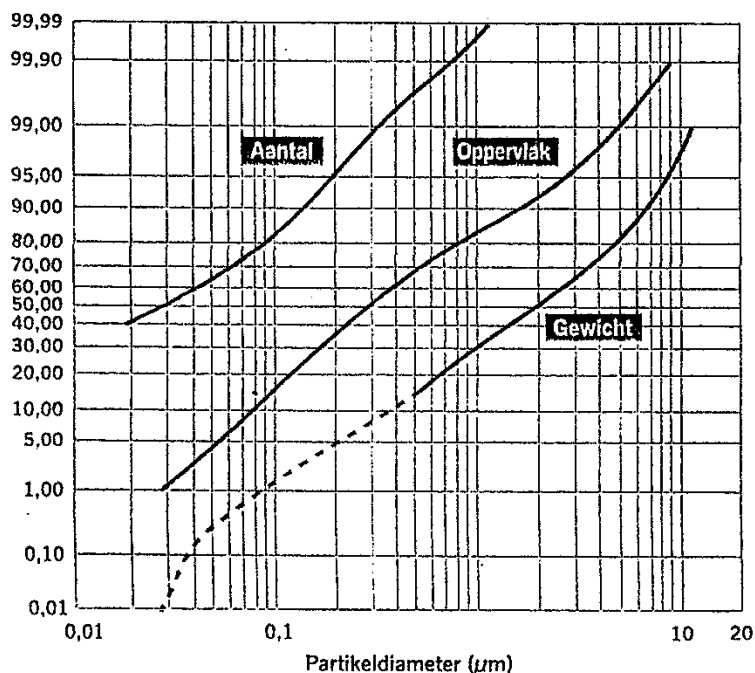
Uit Tabel 69 (achtergrondwaarden van stofvormige componenten in lucht) kan een schatting worden gemaakt van het percentage PAKs en (zware) metalen in fijnstof. Hieruit blijkt dat het totale PAK-gehalte in fijnstof niet hoger is dan 0,5%. Aan de hand van Tabel 69 wordt het totaal aan metalen geschat op circa 10% van de massa van het fijnstof. Calcium, ijzer, kalium en magnesium leveren de grootste bijdrage.

In de worst case analyses in dit rapport wordt uitgegaan van concentraties fijnstof van circa 100 tot 1075 µg/m³ (Berenplaat, Kralingen) voor de zes waterproductiebedrijven. In de waterfase resulteerde dit in maximale concentraties van 0,2 µg/l tot 10 µg/l (Berenplaat).

10 µg/l fijnstof met in totaal 0,5% PAKs resulteert in maximaal 0,05 µg/l totaal PAKs in het water. Dit is lager dan de norm in het Drinkwaterbesluit 0,1 µg/l totaal PAK. Indien het fijnstof uit 10% roet bestaat resulteert dit in maximaal 1 µg/l roet in het water. Het is onduidelijk of dit problematisch is, maar uit voorzorg zal dit toch voorkomen willen worden met behulp van luchtfiltratie.

Individuele zware metalen zijn slechts een zeer kleine fractie (<< 1%) van de totale massa van fijnstof. Als bijvoorbeeld fijnstof voor 1% zou bestaan uit cadmium, dan zou dit resulteren in een concentratie in het water van maximaal 0,1 µg/l (norm in Drinkwaterbesluit is 5 µg/l). Andere zware metalen hebben minder scherpe normen. Zware metalen uit fijnstof zullen dus niet de oorzaak zijn van normoverschrijdingen in het drinkwater.

Toch is het plaatsen van een fijnstoffilter op plaatsen waar grote hoeveelheden lucht worden ingenomen wel aan te raden, omdat de exacte samenstelling van fijnstof niet bekend is en bij een brand in de buurt van het waterproductiebedrijf of een andere calamiteit kunnen concentraties fijnstof hoger zijn dan hiervoor genoemd (Tabel 66) en het duurt vaak enige tijd voordat de luchtinlaat wordt stilgelegd.



Figuur 20. Deeltjesgrootte verdeling van fijnstof (McLeod Russel).

Micro-organismen

Als richtwaarde voor het gemiddeld aantal bacteriën in de buitenlucht wordt voor de zomer 5000 kve/m³ gebruikt en voor de winter 500 kve/m³ (Tabel 56). Tabel 56 geeft een idee van de verwijdering van bacteriën uit de lucht bij gebruik van een drietraps filtratiesysteem, zoals bijvoorbeeld gebruikt in operatiekamers of in de farmaceutische industrie. Dit geeft ook een idee van wat mogelijk is voor luchtfiltratie in de drinkwaterzuivering, alhoewel de zuiveringsinstallatie geen steriele kamer is en lucht ook via allerlei kieren en gaten binnen kan komen.

Tabel 56. Verwijdering van bacteriën in de lucht (kve/m³) in een drietraps filtratiesysteem.

	Zomer	Winter
In buitenlucht	5000	500
Na 1 ^e stap F6 filter (ca 50% reductie)	2500	250
Na 2 ^e stap F8-9 filter (ca 90% reductie)	250	25
Na 3 ^e stap H12-13 filter (ca 99,997% reductie)	<1	<< 1

Volgens de leverancier (McLeod Russel) is een F6 fijnstoffilter geschikt voor de verwijdering van grotere bacteriën en het F9 fijnstoffilter geschikt voor verwijdering van bacteriën in het algemeen. De meeste bacteriën hebben een lengte van 1-5 µm. In Figuur 2 wordt een range aangegeven van 0,25 µm tot 25 µm. Het plaatsen van fijnstoffilters lijkt onvoldoende als ze als doel hebben om bacteriën vergaand verwijderen. Bacteriën van 0,2 µm lang zouden voor 85% verwijderd worden door het F9 fijnstoffilter (Figuur 1), terwijl enkele logeenheden verwijdering meestal gewenst is. Bacteriën in de lucht zijn vaak gehecht aan deeltjes, waardoor de verwijdering door luchtfilters efficiënter verloopt dan bij losse bacteriën het geval zou zijn.

Als uit een risicoanalyse blijkt dat er kans is op bacteriële besmetting van de gebruikte proceslucht, wordt daarom het gebruik van H13 absoluutfilters aangeraden op de plekken waar lucht wordt ingenomen (actieve belichting, reinwaterkelders). Volgens Tabel 2 zou dit moeten leiden tot een minimale verwijdering van 99,95% bij de sterkst penetrerende diameter (bij circa 0,1 - 0,2 µm).

Zoals ook al in Hoofdstuk 3 aangegeven, is het niet geheel duidelijk of absoluutfilters voldoende bescherming bieden tegen virussen in de lucht. Het H13 absoluutfilter heeft een verwijderingsefficiëntie van minimaal 99,95% voor deeltjes tussen 100 en 300 nm (0,1-0,3 µm) die het meest doordringen (MPPS) en H14 minimaal 99,995% (Tabel 2). Grotere en kleinere deeltjes worden beter verwijderd tot een ondergrens van circa 1 nm. Virussen hebben een afmeting van circa 25 nm tot 60 nm. In de productbrochure van McLeod Russel wordt aangegeven dat virussen worden verwijderd door de absoluutfilters H13 en H14. Een verwijderingspercentage of andere kwantitatieve gegevens worden echter niet getoond en qua afmeting zitten virussen aan de ondergrens van wat verwijderd kan worden door absoluutfilters. Er zijn in het verleden geen resultaten van challenge testen met virusaerosolen gevonden. Heel recent (2012) onderzoek bij biologisch veiligheidskabinet laat zien dat virussen (0,03-0,07 µm) wel (op laag niveau) door HEPA kunnen komen, i.t.t. bacteriën (1-3 µm). Daarom is onderzoek naar de verwijdering van virussen uit de lucht door absoluutfilters aan te bevelen.

11.6 Verwijdering luchtverontreiniging in de zuivering

Luchtverontreinigende componenten die ondanks of vanwege het ontbreken van luchtfilters in het water van de zuivering terecht komen, kunnen afhankelijk van de nog volgende zuiveringsstappen weer in bepaalde mate uit het water verwijderd worden. Micro-organismen kunnen bijvoorbeeld nog worden afgedood of verwijderd in de zuivering via een desinfectiestap of een langzaam zandfilter. Het is minder noodzakelijk om een luchtfilter ter verwijdering van micro-organismen te plaatsen nog voor de (UV-)desinfectie. Vluchtige organische stoffen (die via de lucht in het water terecht komen) zouden nog verwijderd kunnen worden door bijvoorbeeld actief koolfiltratie, chemische oxidatie, of via vervluchtiging.

De zuivering van oppervlaktewaterbedrijven bestaat in het algemeen uit meer stappen dan die van grondwaterbedrijven, waardoor potentiële luchtverontreinigende componenten op meerdere plekken uit het water verwijderd kunnen worden. Bovendien is bij oppervlaktewaterbedrijven vaak sprake van minder intensief contact tussen lucht en water via bijvoorbeeld beluchting of cascade, zodat luchtfiltratie in het zuiveringsproces minder noodzakelijk is.

Omdat er bij oppervlaktewaterbedrijven vaak nog een desinfectiestap laat in het proces aanwezig is, is het ook minder noodzakelijk om gefiltreerde proces- of spoellucht af te schermen voor mensen, wat bij grondwaterbedrijven wel vaak gebeurt.

Na de reinwaterkelder vindt geen zuivering meer plaats. Daarom wordt voor de ademlucht van de reinwaterkelder een fijner luchtfilter of minimaal eenzelfde luchtfilter geplaatst als op andere plekken in de zuivering waar lucht wordt gefiltreerd.

Een gedetailleerde analyse van de verwijdering van luchtverontreinigende componenten in de zuivering valt buiten het blikveld van dit rapport, dat uitgaat van een worst case analyse bij het gebruik van lucht in de zuivering.

12 Algemene conclusies

Luchtkwaliteit

- Met het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML), en via regionale luchtmeetnetten zoals die van DCMR, wordt een goed beeld verkregen van de lokale (chemische) luchtkwaliteit in Nederland in korte tijdsperiodes (uurgemiddelden, jaargemiddelden). Bovendien stelt de Milieu Ongevallendienst (MOD) de luchtkwaliteit vast in de periode direct na milieucidenten, zoals branden. De microbiologische luchtkwaliteit wordt niet systematisch vastgesteld.
- Met verspreidingsmodellen kan een schatting worden gemaakt van luchtkwaliteit in de buurt van een lijnbron (bijvoorbeeld een weg) of puntbron (schoorsteen, stal).
- De huidige en toekomstige luchtkwaliteit (tot 2020) langs de Nederlandse snelwegen, vastgesteld met het CAR-model voor de componenten NO₂, SO₂, CO, benzeen, fijnstof en benzo(a)pyreen, is geen risico voor de drinkwaterkwaliteit bij gebruik van lucht in de zuivering, zelfs niet bij een afstand tot de as van de snelweg van 50 meter. Er is uitgegaan van volledige overdracht van de verontreinigingen van lucht naar water bij een maximale lucht-waterverhouding. Omdat het CAR-model als output jaargemiddelde waarden geeft, is het beter om voor de worst case risico-evaluatie de hoogst gemeten concentraties uit het LML of regionale meetnetten te gebruiken.

Drinkwater – chemische waterkwaliteit

- Uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) zijn uit de periode 2003 – 2007 de maximale uur- of dagwaarden geselecteerd van de gasvormige stoffen koolmonoxide (CO), ozon (O₃), stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO₂), ammoniak (NH₃), benzeen en andere vluchtige organische componenten (VOC) en de deeltjesgebonden/ deeltjesvormige stoffen fijnstof (PM10), zwarte rook, verzurende stoffen (ammonium, nitraat, sulfaat) en metalen (arsen, cadmium, calcium, lood, zink). De zes onderzochte productiebedrijven hebben verschillende lucht-waterverhoudingen bij verschillende luchtgebruikende processen. Bij een volledige overdracht van de luchtverontreinigende stoffen bij de maximale lucht-waterverhoudingen leidt dit niet tot overschrijdingen van de normen in het Drinkwaterbesluit.
- Een uitzondering zijn de vluchtige organische verontreinigingen benzeen en toluen die bij de hoogst gemeten uurconcentraties in de lucht in Nederland in de periode 2003-2007 (circa 150 µg/m³) en volledige overdracht van lucht naar water een overschrijding van de norm in het Drinkwaterbesluit kunnen leiden bij waterleidingbedrijven met een intensieve beluchting. Het is echter niet waarschijnlijk dat deze overschrijding in het drinkwater zal optreden.
- Chemische analyses van het reinwater door de bedrijven zelf bevestigen dat de gemeten stoffen uit het LML of mogelijke omzettingsproducten van de gassen bij het oplossen in water (nitraat, sulfaat, ammonium) een verwaarloosbare bijdrage leveren aan de totale concentratie in het water of dat de bijdrage vanuit de lucht ruim onder de norm blijft van het Drinkwaterbesluit.
- De aanwezigheid van een drinkwaterproductiebedrijf met intensieve beluchting op een middelgroot industrieterrein, waarbij uitstoot van verschillende schadelijke stoffen door de industrie enkele kilogrammen per uur bedraagt, hoeft geen probleem te zijn voor de drinkwaterkwaliteit, maar een analyse op maat blijft nodig. Zware industrie op grotere afstand van drinkwaterproductiebedrijven (bijvoorbeeld op 5 km afstand, zoals het geval is voor pb Berenplaat) zal bij het drinkwaterproductiebedrijf geen verhoogde concentraties van verontreinigende stoffen in de lucht tot gevolg hebben ten opzichte van de heersende (regionale) achtergrondconcentraties. Op deze afstand zal de zware industrie daarom de drinkwaterkwaliteit niet beïnvloeden.

- Gebruik van bestrijdingsmiddelen in laag groeiende teelten, zoals aardappelen, graan en bieten leiden niet tot concentraties boven 0,1 µg/l in het drinkwater, ook als het productiebedrijf op korte afstand (200 meter) van het perceel is gevestigd, indien voldoende drift reducerende maatregelen zijn getroffen, zoals niet te kleine druppels toedienen en emissieschermen gebruiken.
- Gewassen waarbij het bestrijdingsmiddelengebruik leidt tot hoge spray drift (bijvoorbeeld bij fruitteeltbedrijven en boomkwekerijen) kunnen op 200 meter van de rand van het perceel leiden tot concentraties in de lucht boven de 10 µg/m³ bij ongunstige windrichting en -kracht (8 m/s) of als met te kleine druppeltjes wordt bespoten en verder geen driftreducerende maatregelen zijn getroffen. Bij intensieve beluchtingsprocessen kan dit in het meest ongunstige geval (volledige stofoverdracht) leiden tot concentraties boven 0,1 µg/l in het water van een drinkwaterzuivering. Vestiging van een waterproductiebedrijf in de nabijheid van een boomkwekerij of fruitteeltbedrijf is daarom niet aan te raden. Bij de landelijk gelegen productiebedrijven Nietap en Annen met intensieve landbouw in de buurt zijn echter bestrijdingsmiddelen niet aangetoond in het reine water. Indien het bestrijdingsmiddel in de lucht volledig is verdampt uit het aerosol, zal een absoluutfilter geen barrière vormen.
- Bij de oppervlaktewaterproductiebedrijven Berenplaat en Kralingen wordt in het zuiveringsproces relatief weinig lucht gebruikt ten opzichte van grondwaterbedrijven en wordt minder intensief belucht. Het grootste risico van contaminatie van het water via de lucht wordt gelopen bij de Biesbosch-bekken of de lokale spaarbekken, die continu in contact staan met de buitenlucht. Door het intensievere zuiveringsproces op de oppervlaktewaterbedrijven ten opzichte van de grondwaterbedrijven is de kans echter groter dat een verontreiniging die via de lucht in het (ruwe) water terecht komt weer verwijderd of afgebroken wordt.

Drinkwater – microbiologische waterkwaliteit

- Er lijken geen specifieke luchtbehandelingsmaatregelen nodig te zijn met betrekking tot Q-koorts, omdat het risico op overdracht van Q-koorts via de drinkwaterroute verwaarloosbaar is ten opzichte van het besmettingsrisico via alle routes samen, zelfs bij de kleinste gemeten afstand (360 m) tussen besmette locatie en drinkwaterproductiebedrijf.
- Enterovirussen uit open beluchtingstanks van rwzi's kunnen tot overschrijdingen van de drinkwaternorm leiden als de rwzi direct (binnen 100 meter) naast het drinkwaterproductiebedrijf is gevestigd. Over een afstand van bijvoorbeeld 500 meter zullen de initiële concentraties in de lucht met een factor 100 tot 1000 dalen, maar het blijft aan te raden om in zo'n situatie absoluutfilters te gebruiken op plaatsen waar veel lucht wordt ingenomen.
- In de worst case risicoanalyse is geschat dat *Giardia*-cysten, *Cryptosporidium*-oöcysten en enterobacteriën tot op circa twee tot 3 kilometers vanaf het bemeste landbouwperceel of vanaf de (mega)stal nog in de lucht aanwezig kunnen zijn (maximaal 1 per m³) en daarom een potentieel risico vormen voor de drinkwaterkwaliteit als intensief belucht wordt. De emissiesnelheid van de pathogenen na bemesting is de meest onzekere factor in de analyse. Gebruik van kalvermest geeft het grootste risico.

Risico's branden

- Vluchtige organische verbindingen, zoals benzeen, toluen, ethylbenzeen, PAKs en aldehydes zouden potentieel een probleem op kunnen leveren voor de drinkwaterkwaliteit (overschrijding van de normen in het Drinkwaterbesluit) als het waterproductiebedrijf zich in de pluim van een grote brand bevindt (binnen een kilometer van de brand) en lucht inneemt. Dit is bepaald onder de meest ongunstige omstandigheden: de maximale concentratie in de lucht bij verschillende type branden in Nederland in de periode 1997-2007, een lucht-waterverhouding van 20 en volledige overdracht van lucht naar water. Deze vluchtige verbindingen worden door de gangbare absoluutfilters niet tegengehouden.

- Depositie van organische verbindingen in spaarbekkens tot concentraties in de µg/l range is een reëel risico na een grote brand als een spaarbekken in de pluim van een brandhaard ligt op enkele kilometers afstand van de brand.

Gebruik luchtfilters

- De drinkwaterbedrijven stellen verschillende eisen met betrekking tot luchtfiltratie voor spoellucht, proceslucht en beademingslucht voor reinwaterkelders. Bij pb Berenplaat (Evides) worden bijvoorbeeld alleen fijnstoffilters gebruikt terwijl voor de RWK van pb Kralingen (Evides) onder andere vanwege roet en fijnstof van het verkeer een H11 absoluutfilter wordt gebruikt voor de RWK.
- Oppervlaktewaterbedrijven hebben een minder intensieve beluchting dan grondwaterbedrijven en daarom is het begrijpelijk dat oppervlaktewater minder vergaande luchtfilters gebruiken.
- Tussen de onderzochte grondwaterbedrijven zijn opvallende verschillen waar te nemen. Bij pb Annen (WMD) worden alleen fijnstoffilters (F9) gebruikt, terwijl voor pb Nietap (WG), een vergelijkbaar productiebedrijf ook in de landelijke omgeving, voor de RWK een absoluutfilter (H13) wordt gebruikt. Verder valt op de bij wpb Welschap (langs de snelweg, Brabant Water) en OPB De Beitel (op een industrieterrein, WML) voor vrijwel alle processen een fijnstoffilter (F7) gecombineerd wordt met het absoluutfilter H13.
- Uit de huidige risicoanalyse volgt dat voor de verwijdering van fijnstof, roet en micro-organismen uit de lucht het voor de drinkwaterkwaliteit niet noodzakelijk lijkt om standaard absoluutfilters te plaatsen in de zuivering, omdat deze componenten niet in dusdanige concentraties in de lucht voorkomen dat ze een risico opleveren voor de drinkwaterkwaliteit. Als er twijfel bestaat over bronnen van microbiële besmetting in de omgeving van een waterproductiebedrijf wordt wel aangeraden H13 absoluutfilters te gebruiken op plekken waar actief lucht worden ingenomen, inclusief voor beademing van o.a. reinwaterkelders.

13 Aanbevelingen

- Specifieke aanbevelingen voor de zes waterproductiebedrijven staan in de desbetreffende hoofdstukken beschreven.
- Er wordt aanbevolen om, uit voorzorg, minimaal fijnstoffilters te plaatsen op plekken in de drinkwaterzuivering waar actief lucht wordt ingenomen, inclusief bij de reinwaterkelders. Hiermee wordt het grootste deel van het roet, fijnstof en hieraan gesorbeerde niet vluchtige PAKs en zware metalen verwijderd en een deel van de micro-organismen.
- Als het doel van de luchtfiltratie de verwijdering van fijnstof en roet is, wordt aanbevolen om F9 fijnstoffilters te gebruiken, eventueel twee in serie. Als het doel van de luchtfiltratie is om micro-organismen te verwijderen, wordt het H13 absoluutfilter aanbevolen.
- Als het waterproductiebedrijf is gevestigd in landbouwgebieden waar de landbouwgrond bemest wordt of waar in de buurt (binnen circa 1 á 2 km) zich een megastal bevindt of rwzi met onbedekte beluchtingstanks wordt aanbevolen op alle plekken waar grote hoeveelheden lucht wordt ingenomen en op de reinwaterkelders een H13 absoluutfilters te plaatsen, eventueel vooraf gegaan door fijnstoffilters.
- Voor een eventuele calamiteit of een terroristische aanslag kunnen HEPA filters H13 in voorraad gehouden worden. WMD geeft bijvoorbeeld aan de mogelijkheid te hebben om deze te kunnen plaatsen ten tijde van een incident.
- Er wordt aangeraden de in de discussie genoemde aanbevelingen van Kwakman en Reinen (2008) op te volgen in geval van ernstige luchtverontreiniging bij het drinkwaterproductiebedrijf als gevolg van een calamiteit:
 - o gedurende korte tijd, enkele dagen tot een week, voorzuiveren van de gebruikte lucht nodig voor beluchtingsprocessen, bij voorkeur met absoluutfilters.
 - o tot een minimum beperken van de beluchting gedurende enkele dagen met behoud van de minimaal vereiste waterkwaliteit.
 - o tijdelijk gebruik maken van zuurstof of perslucht. Het op een korte termijn inpassen hiervan in de zuivering kan een probleem zijn.
- Er wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar de emissie van pathogenen bij de huidige bemestingstechnieken, zodat duidelijker wordt wat de risico's zijn voor de drinkwaterkwaliteit.
- Er wordt aanbevolen om onderzoek te doen naar de verwijdering van virussen door de absoluutfilters H13 en H14.
- Als uit metingen blijkt dat bestrijdingsmiddelen in het ruwe of rein water van een waterproductiebedrijf in te hoge concentraties wordt aangetroffen, wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar het aandeel dat de aanvoer via de lucht hierin kan hebben.
- Er wordt aanbevolen om de risico's te onderzoeken van ophoping en vrijkomen van verontreinigingen in luchtfilters (micro-organismen, nucleaire deeltjes). Hiertoe kunnen luchtfilters die vervangen moeten worden bemonsterd worden en geanalyseerd worden op deeltjes(samenstelling) en microbiologische parameters. Waarschijnlijk zijn vervangingsfrequenties heel veilig gekozen zodat dit risico beperkt wordt, dit dient nog te worden vastgesteld. Ook kunnen bij het vervangen zelf risico's vermeden worden m.b.v. beschikbare speciale middelen om vervanging hygiënisch en veilig uit te voeren.
- Het uitvoeren van luchtmetingen nabij kwetsbare waterproductiebedrijven wordt alleen aanbevolen voor microbiologische en/of chemische verontreinigingen op die plaatsen en momenten dat de concentratie relatief hoog kan zijn en als daar aanleiding toe is. In het landelijk meetnet luchtkwaliteit worden al op frequente basis (uur- en dagmetingen) chemische en fysische metingen gedaan, en enkele regionale overheden doen aanvullende metingen. Verder verricht de Milieuongevallendienst luchtmetingen direct na incidenten en is met modellen de verspreiding van de verontreinigingen in de lucht vrij goed te schatten.

14 Literatuur

- Adriaanse, P.I., J.B.H.J. Linders e.a. (2008). Development of an assessment methodology to evaluate agricultural use of plant protection products for drinking water production from surface water, A proposal for the registration procedure in the Netherlands. Alterra-rapport 1635, Alterra, Wageningen
- Baas J. & C. Huygen (1992). Emissie van gewasbeschermingsmiddelen uit kassen naar de buitenlucht. IMW-TNO rapport IMW-R 92/304. TNO-Instituut voor Milieuwetenschappen, Delft.
- Beijk, R., D. Mooibroek en R. Hoogerbrugge (2008). Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2007, RIVM Rapport 680704005/2008
- Cardol, G. (2005). Gevolgen van wegverbreding A2 bij wpb Welschap, Brabant Water
- CLM, Milieu-effectenkaarten
- Coppens, E. (2002). Noodzaak plaatsing absoluutfilters. Advies Bedrijfsbureau Productie Brabant Water
- Ctgb: www.ctgb.nl
- DCMR: www.dcmr.nl
- Dusseldorp, A. en P. Morgenstern (2007) Gezondheidsklachten bij rwzi Harnaschpolder, RIVM rapportnummer 609023012
- Duyzer, J., R. Plant, R. Merkelbach, P. Leendertse, D. Boland (2001). Bestrijdingsmiddelen in Zuid-Holland – Concentraties in bodem, water, lucht en doemfauna. TNO-rapport R 2001/178
- Foekema, H., L.v. Thiel, and B. Lettinga, *Watergebruik thuis 2007*. 2008, TNS NIPO: Amsterdam.
- Hawker, J. e.a. (1998). A large outbreak of Q fever in the West Midlands: windborne spread into a metropolitan area? *Commun Dis Public Health*, 1998. 1(3): p. 180-187.
- Hoogenboom, R., M. Mengelers, W. Traag (2011). Rapportage aanvullend onderzoek in groente, gras en as naar aanleiding van de brand bij Chemie-Pack in Moerdijk, inclusief een toetsing aan productnormen, nVWA 2011
- Huygen C., J.A. Duiser, L. de Vries (1986) Emissie van bestrijdingsmiddelen naar lucht bij bespuiting van laag gewas. Methoden voor het schatten van concentraties en deposities in de naaste omgeving, TNO hoofdgroep maatschappelijke technologie, rapportnummer R 86/227
- Infomil (2010). Handleiding webbased CAR, Versie 9.0
- Infomil: www.infomil.nl
- Keltjens, L. (2006). Nut en noodzaak van de filtratie van lucht. Notitie WLZ
- Kwakman, P.J.M. en H.A.J.M. Reinen (2008), Implementatie meetstrategie drinkwater bij kernongevallen, Resultaten DRIMKO-project, RIVM-rapport 703719021/2008
- Leistra, M., M. van der Staaij, B.J.W.G. Mensink, J.W. Deneer, R.J.M. Meijer, P.J.C.M. Janssen, A.M. Matser (2001). Bestrijdingsmiddelen in de lucht rond tuinbouwkassen: schatting blootstelling omwonenden en mogelijke effecten, Alterrarapport 296, Wageningen
- Lighthart, B. en A.S. Frisch, *Estimation of Viable Airborne Microbes Downwind from a Point Source*. *Applied and Environmental Microbiology*, 1976. 31(5): p. 700-704.
- McLeodRussel (jaartal onbekend). Test proceedings for air filters (productbrochure).
- Mennen, M.G. en N.J.C. van Belle (2007). Emissies van schadelijke stoffen bij branden, RIVM-rapport 609021051/2007
- Mensink, B.J.W.G. & J.B.H.J. Linders (1998). Airborn pesticide concentrations near greenhouses [acute exposure and potential effects to humans], RIVM-rapport 679102040, Bilthoven
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat/Rijkswaterstaat Noord-Brabant, Startnotitie A2 's-Hertogenbosch-Eindhoven, september 2008
- MNP (2005). Fijn stof nader bekeken, de stand van zaken in het dossier fijn stof. Milieu- en Natuurplanbureau en de sector Milieu en Veiligheid van het RIVM, De Bilt
- Mons, M.N., et al., Estimation of the consumption of cold tap water for microbiological risk assessment: an overview of studies and statistical analysis of data. *J Water Health*, 2007. 5 Suppl 1: p. 151-70.
- Nieuwstadt, F.Th.M. (1975). Stabiliteitsklassen en dispersiecoëfficiënten. Wetenschappelijk rapport W.R. 75-3, KNMI, De Bilt

- Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit - Gebruikershandleiding Saneringstool 3.1 – 2009 www.saneringstool.nl/index.html
- Nieuwstadt, F.Th.M. (1975). Stabiliteitsklassen en dispersiecoëfficiënten, Wetenschappelijk rapport W.R. 75-3, KNMI, De Bilt
- Regeling van de Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 7 december 2002, nr. BWL/2002095022, houdende nadere regels met betrekking tot bij de leidingwatervoorziening te gebruiken materialen en chemicaliën en de wijze waarop deze worden toegepast
- Regterschot (2001) Concept notitie luchtfiltratie WMO, 13 november 2001
- Rijkswaterstaat www.rijkswaterstaat.nl/dvs/publicaties/rblrappluchtkw2008.jsp
- Rijkswaterstaat (2003). Tracébesluit A2/A67 Randweg Eindhoven
- RIVM (2006). Infectieziekten Q-koorts: www.rivm.nl/cib/themas/Q-koorts/q-koorts-professionals.jsp#index_3.
- RIVM (2011), Meetresultaten MOD brand Moerdijk voor gebied tot 10 km, benedenwinds en met uitzondering van bedrijventerrein. RIVM rapport 609022073/2011
- RIVM (2011a), Risicobeoordeling brand Moerdijk voor gebied tot 10 km, benedenwinds en met uitzondering van bedrijventerrein. RIVM briefrapport 609022074/2011
- RIVM www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/meetnetten/luchtkwaliteit
- RIVM (2008b). Staat van Infectieziekten in Nederland 2007, Rapport 210211004/2008
- Roest, K. (2008). Luchtfiltratie: Inventarisatie van beleid en toepassing, KWR rapport 08.084.
- Sales Ortells, H., G. Medema (2011a). Screening-level assessment of the risk of *Coxiella burnetii* (Q fever) related to aeration of drinking water, BTO-rapport 2011.003
- Sales Ortells, H., G. Medema (2011b). Screening-level assessment of the risk of *Coxiella burnetii* (Q fever) related to aeration of drinking water in the Netherlands – opgestuurd voor publicatie ES&T
- Schulz, J., M. Runge, C. Schröder, M. Ganter, J. Hartung, *Coxiella burnetii* isolated from the air of a sheep barn when sheared. Deutsche tierärztliche Wochenschrift 2005 112(12) 470-472
- Seedorf, J., J. Hartung e.a. A survey of ventilation rates in livestock buildings in northern Europe. J. agric. Engng Res. (1998) 70, 39-47
- Seedorf, J. An emission inventory of livestock-related bioaerosols for Lower Saxony, Germany. Atmospheric Environment 38 (2004) 6565-6581
- Senden, W.J.M.K., Zwamborn M.H. (1995) Locatieverkenning de Beitel, Kiwa NV, KOA 95.014
- Snijder, A.M. (2009). Lucht in cijfers 2008, De luchtkwaliteit in de Rijnmond, DCMR, documentnummer 20923824
- Trouwborst, T., R. van Veen, J.P.F. Tijssen, H.J. Frissel (1986), Verspreiding van de radioactiviteit van Tsjernobyl in Nederland, H2O 12 (19-21)
- Versteegh J.F.M. en H.H.J. Dik (2011). De kwaliteit van het drinkwater in Nederland in 2010. Rapport VROM-Inspectie, Den Haag.
- VROM: www.rijksoverheid.nl/ministeries/vrom
- VROM (2008). Interventiewaarden gevaarlijke stoffen 2007. <http://www.relevant.nl/download/attachments/2818224/Interventiewaarden+gevaarlijke+stoffen+2007.pdf?version=1&modificationDate=1288181164532>
- WML 'Handboek Beveiligingsmaatregelen, Deel 1: Productie-Installaties', 8 februari 2006
- Woerdt, van der, D., B. van der Heijden, G. Medema, R. Sterkenburg (1999). Reinwaterberging en RWZI's: (g)een goede combinatie?!, H₂O 14/15, 1999
- Zande, van de, J.C., H. Stallinga en J.M.G.P. Michielsen (2009). Driftblootstelling binnen 50 m van de perceelsgrens bij bespuitingen van een boomteelt perceel, Nota 615, Plant Research International BV, Wageningen
- Zhao Yang (2011). Measuring airborne micro-organisms and dust from livestock houses. Thesis WUR, Wageningen.

I Bijlage: gebruikte methoden en modellen

Het CAR-model

Het CAR-model (Calculation of Air pollution from Road traffic) is ontwikkeld voor het berekenen van de luchtkwaliteit in en langs straten. In deze risicoanalyse wordt webbased versie 9.0 gebruikt (Infomil, 2010). Met het CAR model zijn de volgende stoffen op straatniveau te berekenen: NO₂, fijnstof (PM₁₀), CO, SO₂, Benzo-a-pyreen (BaP) en benzeen. Het CAR-model berekent de concentraties langs wegen en wordt toegepast om overschrijdingen van de grenswaarde voor het jaargemiddelde voor specifieke locaties te berekenen. Hieronder wordt in het kort de berekeningsmethodiek van het CAR-model beschreven. Een gedetailleerde beschrijving is te vinden in de handleiding van webbased CAR, versie 9.0 (Infomil, 2010).

De concentratie langs de weg wordt berekend voor vijf wegtypen. Een wegtype wordt beschreven aan de hand van de bebouwing langs de weg. Voor het berekenen is het noodzakelijk om te beschikken over de emissie door het wegverkeer. De emissie wordt berekend op basis van het aantal personenvoertuigen en vrachtwagens per etmaal en de emissiefactoren (emissie per voertuig per meter). De hoogte van de emissiefactor is afhankelijk van de rijsnelheid/snelheidstypering. Een derde invoerparameter die van belang is bij de concentratieberekening is een zogenoemde 'bomenfactor'. De bomenfactor is een maat voor de aanwezigheid van bomen.

De toedeling van de achtergrondconcentratie aan een bepaalde straat vindt plaats aan de hand van de x, y-coördinaten die de gebruiker opgeeft. Het model selecteert automatisch de bijbehorende achtergrondconcentratie. Voor elke vierkante kilometer Nederland een achtergrondconcentratie weergegeven.

Voor elk kilometervak voor ieder jaar wordt een specifieke meteorologische factor gebruikt. De gemiddelde windsnelheden in Nederland zijn in standaard aps-files beschikbaar.

Voor het berekenen van de concentratie wordt voor de verschillende wegtypen gebruik gemaakt van een verdunningsfactor. De verdunningsfactor is afhankelijk van de afstand van de weg tot de gewenste locatie.

De emissie door het verkeer wordt voor alle stoffen berekend met behulp van onder meer het aantal voertuigen per etmaal, emissiefactoren voor personenauto's en zwaarder verkeer en de fractie stagnerend verkeer. Bij het berekenen van de benzeenemissie wordt bovendien rekening gehouden met de benzeenemissie door zowel door geparkeerde auto's.

Lange-termijn gaussisch pluimmodel

Met behulp van het lange-termijn gaussisch pluimmodel (TNO-SCMO, 1994) kan een schatting worden gemaakt van de concentratie van luchtverontreinigende gasvormige componenten in de buurt van puntemissies door industrieën. In het model spelen onder andere de hoogte van de schoorsteen, de "pluimstijging", de windrichting en de opbouw van de atmosfeer een rol. De concentratie in de pluim in op grondniveau is te berekenen met:

$$c = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}u_N\sigma_z} \frac{1}{2\pi x} \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (1)$$

c = immissieconcentratie op grondniveau (mg/m³)

Q = emissie (mg/s)

u_N = windsnelheid (m/s)

σ_z = dispersiecoëfficiënt (m)

H = effectieve schoorsteenhoogte (m)

x = afstand tot de emissiebron (m)

De effectieve schoorsteenhoogte H is de som van de schoorsteenhoogte en de pluimstijging. In het gaussisch pluimmodel wordt gebruik gemaakt van stabiliteitsklassen van de atmosfeer. Een zonnige, windstille dag (worst case situatie) wordt in stabiliteitsklasse A ingedeeld (zie Bijlage).

De windsnelheid in het gaussisch pluimmodel geldt ter hoogte van de effectieve schoorsteenhoogte. Voor de windsnelheid in stabiliteitsklasse A wordt een representatieve waarde van 1,45 m/s genoemd op een standaard meethoogte van $z = 10$ meter. De windsnelheid op andere hoogte wordt berekend met de formule:

$$u(z) = u_{10} (z/10)^m \quad (2)$$

Voor stabiliteitsklasse A geldt $m = 0,10$.

De dispersiecoëfficiënt σ_z wordt berekend met:

$$\sigma_z = a x^b C_{z0} \quad (3)$$

Voor stabiliteitsklasse A geldt $a = 0,28$ en $b = 0,90$. De waarde voor C_{z0} wordt berekend met:

$$C_{z0} = (10 z_0)^{0,53 x^{-0,22}} \quad (4)$$

waarin z_0 de 'ruwheidslengte' is. Voor een industrieterrein wordt de waarde $z_0 = 1,0$ meter.

Bestrijdingsmiddelen

Voor de bepaling van het risico van bestrijdingsmiddelen in de lucht wordt de volgende aanpak gehanteerd:

- Er wordt een inschatting gemaakt van de gewassen en het landgebruik rondom het productiebedrijf
- Er wordt een selectie gemaakt van veelgebruikte bestrijdingsmiddelen voor het type landgebruik rondom het productiebedrijf.
- Van de geselecteerde bestrijdingsmiddelen wordt de dosering en frequentie van toediening opgezocht op de website van het ctgb (www.ctb-wageningen.nl) en op milieu-effectenkaarten.
- Percentages spray drift bij gebruik wordt opgezocht voor de gewassen die rond het productiebedrijf voorkomen. Omdat op grasland over het algemeen minder bestrijdingsmiddelen gebruikt worden dan voor andere gewassen, wordt gerekend met doseringen voor gewassen met hogere doseringen, die ook in de buurt van het productiebedrijf voorkomen.
- Als worst case situatie wordt ook de relatief hoge spray drift in de fruitteelt gebruikt in de berekening.
- Er wordt een inschatting gemaakt van de concentratie boven/naast het perceel van het bestrijdingsmiddel in de lucht direct na toediening als gevolg van spray drift. Dit gebeurt ook met behulp van literatuur.
- Om concentraties van bestrijdingsmiddelen in de lucht te schatten als functie van de afstand tot het landbouwperceel wordt een aangepast gaussisch model gebruikt.

Drift percentages

Het Ctgb (College voor Toelating Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden) heeft spray drift percentage opgesteld voor verschillende gewassen voor standaardsituaties (Tabel 57). Uit deze tabel blijkt dat fruitteelt het hoogste percentage spray drift heeft. Fruitteelt komt niet voor in de omgeving van de productiebedrijven Nietap en Annen, maar zal wel gebruikt worden om een worst case situatie te berekenen (Hoofdstuk 7 en 8).

Tabel 57. Nederlandse spray drift percentages (bron: www.ctgb.nl).

Toepassing	Onderverdeling	Drift %
Fruitteelt (groot fruit)	Kaal	17
	In blad	7
Laanbomen	Spillen (vormen dichte rijen)	0,8
	Opzetters (meer afstand tussen de bomen)	2,8
Volveldsteelt (incl. klein fruit)		1
Bos- en haagplantsoen		1
Bloembollenteelt		1
Kastoeppingen		0,1

Schatting beginconcentraties

Om een beginconcentratie te schatten in de lucht van een bestrijdingsmiddel direct na toepassing wordt uitgegaan van een perceel van een hectare, een dosering zoals genoemd in Hoofdstuk 8 en een spray drift volgens Tabel 57. Voor het schatten van de beginconcentratie in de lucht aan de rand van het perceel wordt de worst case aanname gedaan dat het middel zich boven het perceel tot op een hoogte van maximaal 3 meter bevindt voordat het via de lucht afgevoerd wordt. Als van een grotere luchtlaag wordt uitgegaan, is de beginconcentratie lager. De worst case aanname van 3 meter is gedaan op basis van metingen van Van der Zande e.a. (2009). Bij spillen (dichte rijen laanbomen) en opzetters (meer afstand tussen de bomen) bevond de maximale concentratie bestrijdingsmiddel na toediening en als gevolg van spray drift zich op 1 tot 3 meter (spillen) en rond de 1 meter (opzetters). Dit gold voor 7,5 meter na de laatste bomenrij. Op 6 meter hoogte was de concentratie afgenomen met een factor 3 tot 4.

Verspreiding van bestrijdingsmiddelen door de lucht

Nadat stoffen naar de lucht zijn geëmitteerd, worden ze door de wind verplaatst. Door verdunning neemt de concentratie van de stoffen in de lucht sterk af naarmate de afstand van de bron toeneemt. Daarnaast kunnen stoffen tijdens het transport in de lucht worden omgezet in afbraakproducten of door natte of droge depositie op de bodem of in het oppervlaktewater terecht komen (Duyzer e.a., 2001).

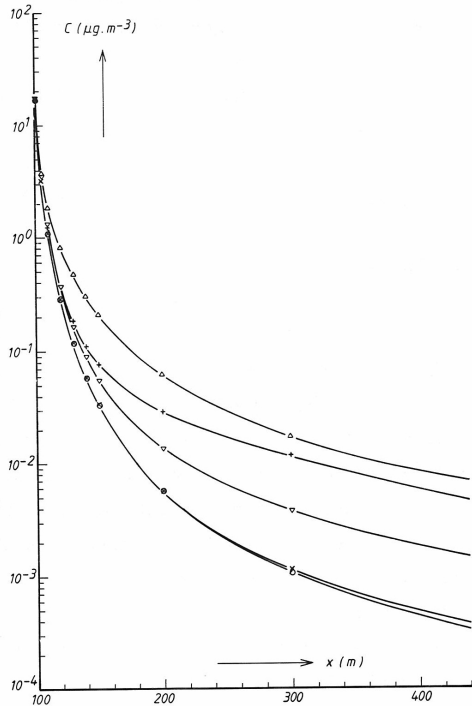
Door Huygen e.a. (1986) werd een aangepast Gaussische model gebruikt om de concentratie van een bestrijdingsmiddel als functie van de afstand te schatten na druppeldrift. Aanpassing van het model was nodig omdat het om kleine druppeltjes gaat (met effecten van zwaarte en traagheid) en niet om een gas. Onderweg zullen de druppels kleiner worden, verdampen en voor een deel neerslaan op de grond of op andere voorwerpen.

Huygen e.a. (1986) pasten het model toe op een representatieve bespuiting van een bietenveld (afmetingen 200 x 200 meter) gedurende één uur. Gespoten wordt met een oplossing van diazinon, opgelost in water tot een concentratie tot 1,5 g/l.

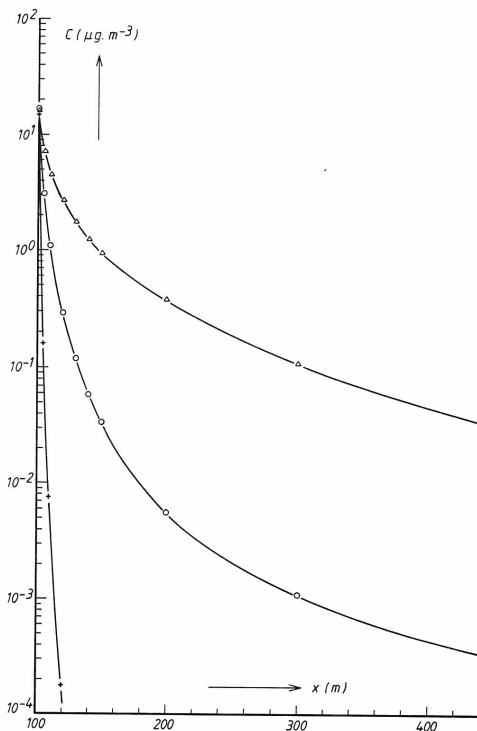
In Figuur 21 tot en met Figuur 24 zijn de concentraties in de lucht uitgezet als functie van de afstand (windafwaarts) tot het midden van het veld (100 meter achter de rand).

De standaardomstandigheden in deze figuren waren als volgt:

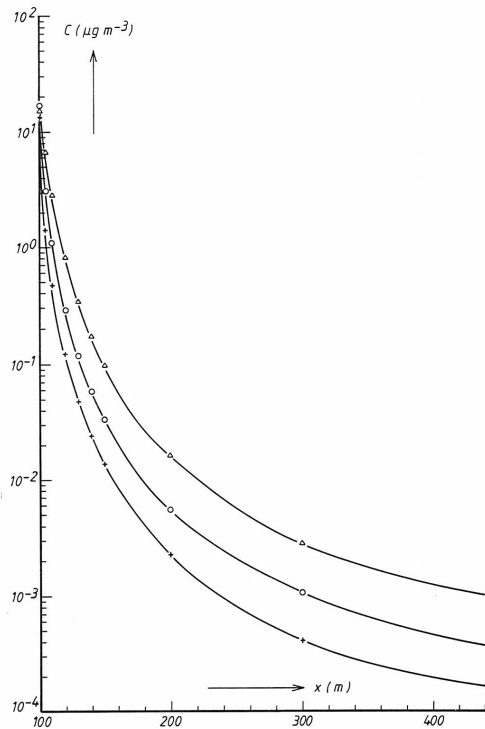
- Mediane diameter druppeltjes: 250 µm
- Windsnelheid: 4 m/s
- Luchttemperatuur: 15 °C
- Weerstabieleitsklasse: D
- Concentratie hulpstof: 6,8 g/l
- Spuithoogte: 0,5 m



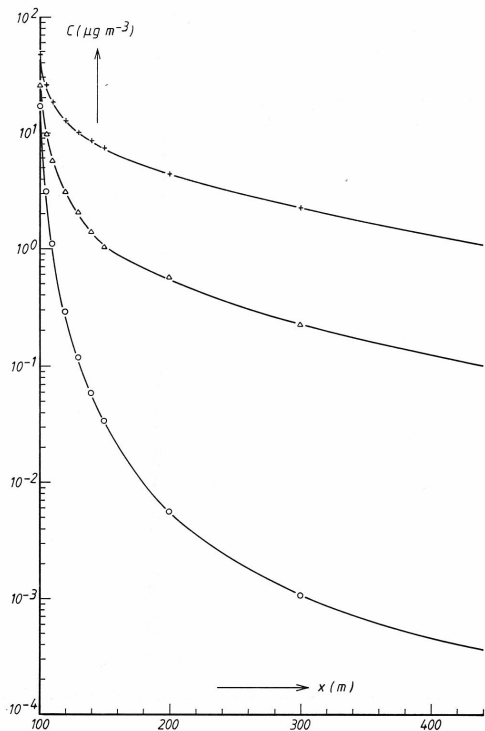
Figuur 21. Concentratie diazinon tijdens bespuiting van een bietenveld (200 x 200 m) als functie van de afstand (windafwaarts) tot het midden van het veld. Mediane druppeldiameter 250 μm , $RV = 0,80$, weerstabiliteitsklasse D, windsnelheid 4 m/s, $T = 15^\circ\text{C}$. \circ standaardcondities (zie hierboven), $+$ geen hulpstof toegevoegd, $+$ $RV = 0,60$, \blacktriangledown 25°C , Δ weerstabiliteitsklasse B



Figuur 22. Concentratie diazinon tijdens bespuiting van een bietenveld (200 x 200 m) als functie van de afstand (windafwaarts) tot het midden van het veld. Mediane druppeldiameter 250 μm , $RV = 0,80$, weerstabiliteitsklasse D, windsnelheid 4 m/s, $T = 15^\circ\text{C}$. Windsnelheid + 2 m/s, \circ 4 m/s, Δ 8 m/s



Figuur 23. Concentratie diazinon tijdens bespuiting van een bietenveld (200 x 200 m) als functie van de afstand (windafwaarts) tot het midden van het veld. Mediane druppeldiameter 250 μm , $RV = 0,80$, weerstabiliteitsklasse D, windsnelheid 4 m/s, $T = 15^\circ\text{C}$. Spuithoogte + 0,25 m, \circ 0,50 m, Δ 1,00 m



Figuur 24. Concentratie diazinon tijdens bespuiting van een bietenveld (200 x 200 m) als functie van de afstand (windafwaarts) tot het midden van het veld. $RV = 0,80$, weerstabiliteitsklasse D, windsnelheid 4 m/s, $T = 15^\circ\text{C}$. Druppeldiameter: Δ 150 μm , \circ 250 μm

Van zeer geringe invloed blijkt de concentratie van de hulpstof, terwijl de invloed van de temperatuur en relatieve vochtigheid (RV) na enkele tientallen meters van betekenis wordt; de concentraties zijn dan al minder dan 1% van die boven het veld. De concentratie bij minder stabiel weer (weerstabiliteitsklasse B) is al op korte afstand van het veld hoger (minder depositie binnen het veld) dan bij neutraal weer (Figuur 21).

In alle gevallen neemt de concentratie voorbij de rand van het veld zeer sterk af met toenemende afstand tot de veldrand, en zoals te verwachten is, des te sneller naarmate de windsnelheid kleiner is (Figuur 22) de spuithoogte kleiner is (Figuur 23) en de druppeldiameter groter is (Figuur 24). In de figuren is de beginconcentratie diazinon aan de rand van het perceel circa 20 µg/m³.

Q-koorts

Sales Ortells en Medema (2011) hebben het infectierisico bepaald met Q-koorts in Nederland als gevolg van het inademen van aerosolen tijdens het douchen. Dit is vergeleken met het risico van het direct inademen van lucht rond geïnfecteerde boerderijen. De resultaten zijn gerapporteerd in BTO-rapport 2011.003, getiteld "Screening-level assessment of the risk of *Coxiella burnetii* (Q fever) related to aeration of drinking water". De belangrijkste onderdelen van de blootstellingroute, zijn:

- de concentratie van Q-koortsbacterie (*Coxiella burnetii*) op de geïnfecteerde boerderij,
- transport via de lucht naar het drinkwaterproductiebedrijf,
- overdracht van lucht naar water bij luchtgebruikende processen,
- transport naar huishoudens,
- blootstelling via inhaleren van aerosolen tijdens het douchen.

Voor de concentratie van Q-koorts bacteriën op geïnfecteerde boerderijen wordt uitgegaan van concentraties die in de literatuur worden gegeven. Er is een eenvoudig pluimmodel (Lighthart en Frisch, 1976) gebruikt om het transport en de verdunning van de bacteriën in de lucht te simuleren (zie paragraaf 0 in Bijlage). Als worst case scenario worden drinkwaterproductielocaties benedenwinds van geïnfecteerde boerderijen met dit model geëvalueerd. Er wordt uitgegaan van een zelfde dosis-responsrelatie voor inhalatie als voor ingestie, omdat voor ingestie geen relatie beschikbaar is.

Pathogenen uit mest

Voor de bepaling van het worst case risico van mestgebruik in de landbouw voor de luchtkwaliteit en uiteindelijk de drinkwaterkwaliteit wordt gebruik gemaakt van in de literatuur bekende concentraties van de ziekteverwekkende parasieten in mest. In kalvergier blijken hoge concentraties (oö)cysten van *Cryptosporidium* en *Giardia* aanwezig te zijn. De toegestane bemesting is voor grasland hoger dan voor akkerland. Er wordt daarom gerekend met de maximaal toegestane bemesting voor grasland. Er wordt een schatting gemaakt van de emissie van deze parasieten na het op het land brengen van de mest.

Net zoals bij de risicoanalyse van Q-koorts wordt voor de verspreiding vanaf de bron naar het waterproductiebedrijf gebruik gemaakt van Lighthart's model (paragraaf 0). De geschatte concentraties van de (oö)cysten in het water van het waterproductiebedrijf worden vergeleken met de maximaal toelaatbare gehalten.

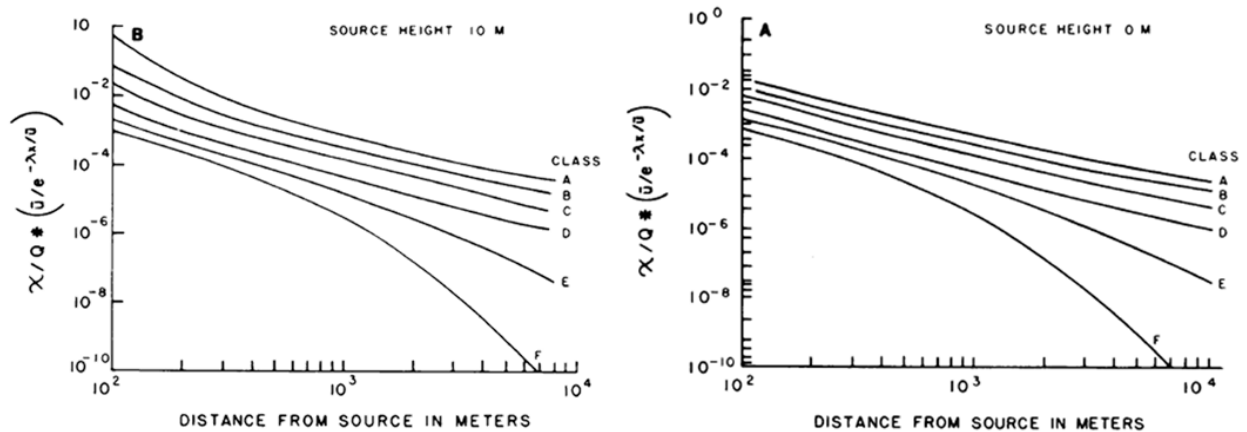
Lighthart's model voor de berekening van de concentratie micro-organismen in de lucht

Verskillende modellen beschrijven het transport, verdunning en inactivatie van bacteriën door de lucht. Lighthart en Frisch (1976) schatten de benedenwindse concentratie van levende micro-organismen met behulp van een aangepast Pasquill dispersiemodel voor inerte deeltjes. Dit is een empirisch model gebaseerd op metingen van dispersie van tracers in de atmosfeer. Om dit model te gebruiken is informatie nodig over de emissiesnelheid van het micro-organisme/deeltje, de afstervingsnelheid en meteorologische condities. Pasquill's vergelijking aangepast door Lighthart en Frisch (1976) ziet als volgt uit:

$$\frac{\chi}{Q} \cdot \frac{\bar{U}}{\text{Exp}\left(-\lambda x/\bar{U}\right)} = \frac{1}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \cdot \text{EXP}\left[-\left(\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right)\right] \equiv g \quad (5)$$

χ is de concentratie deeltjes of micro-organismen per m³ in de lucht op afstand x van de bron.
 Q is het aantal micro-organismen/deeltjes geëmitteerd vanaf de bron per seconde.

\bar{U} is de windsnelheid (m/s), λ is de afstervingsnelheid, x de benedenwindse afstand tot de bron (m), σ_y en σ_z zijn diffusiefactoren in de y en z richting (m) en hangen af van meteorologische omstandigheden (stabiliteitsklasse en windsnelheid). H is de bronhoogte (m). De waarde van g kan uit Figuur 25 worden afgelezen als functie van de afstand en de atmosferische stabiliteitsklasse.



Figuur 25. De waarde van $X/Q * (\bar{U} / e^{-\lambda x / \bar{U}})$ ($\equiv g$) als functie van de afstand tot de bron en stabiliteitsklassen bij een bronhoogte van 0 en 10 meter (Lighthart en Frisch, 1976).

Er wordt geen afsterving van micro-organismen verondersteld ($\lambda = 0$) tijdens het transport door de lucht vanaf de bron tot het waterproductiebedrijf. Vergelijking 5 kan dan vereenvoudigd worden tot:

$$\frac{\chi}{Q} \cdot \bar{U} = g(x) \tag{6}$$

II Bijlage: luchtmeetnetten in Nederland

Het RIVM legt door middel van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) de luchtkwaliteit in Nederland vast. Voor sommige componenten zijn aanvullende meetgegevens verstrekt door gemeentelijke, provinciale of regionale instanties. In het LML wordt de luchtkwaliteit op leefniveau bepaald op circa zestig meetstations onderverdeeld in regionale achtergrondstations, stedelijke achtergrondstations en verkeersbelaste stations. Dit gebeurt op basis van metingen van tientallen stoffen. Met de meetresultaten controleert het RIVM of de luchtkwaliteit aan Europese normen voldoet. De apparatuur van vaste meetstations staat in meethutten opgesteld op representatieve locaties. Wat voor de ene stof een achtergrondlocatie is kan voor de andere stof juist een sterk belaste locatie zijn. Ammoniak wordt bijvoorbeeld juist in agrarische gebieden uitgestoten, stikstofoxiden weer vooral op drukke wegen. In het LML worden stoffen gemeten die als gas of als zwevende deeltjes in de lucht voorkomen. Ook worden stoffen die uitregenen gemeten in regenwater (www.rivm.nl).

Gasvormige stoffen:

- Koolmonoxide (CO)
- Ozon (O₃)
- Stikstofoxiden (NO, NO₂, NO_x)
- Zwaveldioxide (SO₂)
- Ammoniak (NH₃)
- Vluchtige organische componenten (VOC)
- Kooldioxide (CO₂)
- Methaan (CH₄)
- Fluoriden

Deeltjesgebonden en deeltjesvormige stoffen:

- Fijnstof (PM10 = stofdeeltjes < 10 µm)
- Zwarte rook
- Verzurende stoffen (ammonium, nitraat, sulfaat)
- Metalen (arsen, cadmium, calcium, lood, zink)

Chemische samenstelling van neerslag:

- Diverse verzurende componenten
- Metalen (cadmium, koper, ijzer, lood, zink, arsen, chroom, nikkel, kwik)
- Persistente organische componenten

De componenten worden frequent gemeten in het landelijk meetnet. Van de meeste componenten zijn uurgemiddelde of daggemiddelde concentraties beschikbaar. Hierdoor wordt een goed beeld verkregen van de luchtkwaliteit op een specifieke plek in Nederland en worden ook verhoogde concentraties als gevolg van een calamiteit in de buurt van een meetstation vastgelegd.

Concentraties van micro-organismen en virussen in de lucht worden niet vastgelegd in een landelijk meetnet. De microbiologische luchtkwaliteit zal moeten worden bepaald met metingen en verspreidingsmodellen.

Door de bijzondere omstandigheden in het Rijnmondgebied met veel industrie en een grote concentratie van verkeer en mensen, exploiteert DCMR (Milieudienst Rijnmond) in opdracht van de provincie Zuid-Holland een luchtmeetnet. De meetlocaties zijn een aanvulling op het landelijk meetnet van het RIVM. Op locaties buiten de meetstations in het Rijnmondgebied kunnen hogere of lagere concentraties voorkomen. Het rapport "Lucht in cijfers" (Snijder, 2009) geeft een goed beeld van de luchtkwaliteit waaraan de bevolking in de Rijnmond blootstaat.

De luchtkwaliteit in Nederland moet voldoen aan het Besluit Luchtkwaliteit. Dit besluit heeft tot doel bescherming van de volksgezondheid. De normen gesteld voor de in dat besluit genoemde stoffen zijn Europese normen. Voor elke stof is een grenswaarde gesteld (Tabel 58 en Tabel 59).

III Bijlage: EU-grenswaardes voor de luchtkwaliteit

Tabel 58. EU-grenswaardes voor de luchtkwaliteit (Beijk e.a., 2008; Snijder, 2009).

	jaargemiddeld	Max. 24-uurs gemiddelde	Max. uurwaarde	Max. 8 uur gemiddelde
SO ₂ (µg/m ³)	20	125*	500**	-
NO ₂ (µg/m ³)	40	-	400**	-
CO (mg/m ³)	-	-	-	10
Ozon (µg/m ³)	-	-	240***	120
PM ₁₀ (µg/m ³)	40	50	-	-
Benzeen (µg/m ³)	5	-	-	-
Arseen (ng/m ³)	6	-	-	-
Cadmium (ng/m ³)	5	-	-	-
Nikkel (ng/m ³)	20	-	-	-
Lood (ng/m ³)	500	-	-	-
Benzo(a)pyreen (ng/m ³)	1****	-	-	-
Fluoride (ng/m ³)*****	50	300	-	-

* Overschrijding is op 3 dagen per kalenderjaar toegestaan.

** Overschrijding indien concentratie optreedt in drie opeenvolgende uren in een gebied groter dan 100 km².

*** EU alarmdrempel

**** Nederlandse richtwaarde die in 2013 zoveel mogelijk moet worden bereikt

***** maximaal toelaatbaar risico (MTR) voor ecosystemen

Tabel 59. Europese grenswaarden en alarmdrempels voor enkele luchtverontreinigende stoffen (Beijk e.a., 2008).

Stof	Voor bescherming (gezondheid) van	Middelingstijd	Maximaal toegestaan aantal overschrijdingen per jaar	Plandrempel 2007 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Grenswaarde	Informatiedrempel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Alarmdrempel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO ₂	Mens	uur	24		350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	350 ^e	500 ^d
SO ₂	Mens	dag	3		125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
SO ₂	Mens	jaar			20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
SO ₂	Natuur	winter			20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
NO ₂	Mens	jaar		46	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
NO _x	Natuur	jaar			30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
NO ₂	Mens	uur	18	230	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 ^e	400 ^d
PM ₁₀	Mens	dag	35		50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 ^e	200 ^e
PM ₁₀	Mens	jaar			40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Pb	Mens	jaar			0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
C ₆ H ₆	Mens	jaar		8	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
CO	Mens	8 uur			10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
O ₃	Mens	uur				180	240 ^d
O ₃	Mens	8 uur	25 ^a		120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^(b)		
O ₃	Natuur	AOT40 mei-juli			18 mg.uur/m ³ ^(c)		
As	Mens	jaar			6 ng/m ³ ^(b)		
Cd	Mens	jaar			5 ng/m ³ ^(b)		
Ni	Mens	jaar			20 ng/m ³ ^(b)		
B[a]P	Mens	jaar			1 ng/m ³ ^(b)		

^{a)} Streefwaarde, per jaar gemiddeld over drie jaar. Langetermijndoelstelling (2020) is nul overschrijdingen van de streefwaarde.
^{b)} Streefwaarde.
^{c)} Streefwaarde, gemiddeld over vijf jaar. De langetermijndoelstelling voor 2020 is 6 mg/m³.h.
^{d)} Alleen bij een concentratieoverschrijding van minimaal drie achtereenvolgende uren.
^{e)} Geen EU-norm; drempelwaarde in Nederlandse smogregeling voor verspreiding van informatie.

IV Bijlage: De luchtkwaliteit van Nederland

De belangrijkste bronnen van luchtverontreiniging zijn transport, industrie en landbouw. Andere potentiële risicobronnen voor de luchtkwaliteit zijn bijvoorbeeld rwzi's (microbiologisch) en kerncentrales (radioactieve straling). Vuurwerk kan tijdens de jaarwisseling voor een slechtere luchtkwaliteit zorgen. In Tabel 60 zijn de belangrijkste bronnen van luchtverontreiniging weergegeven per stof.

Tabel 60. Belangrijkste bronnen van luchtverontreiniging per stof.

Stof	Bron				
	Transport	Industrie	Landbouw	RWZI	Vuurwerk
Fijnstof	X	X	X		X
NO _x	X	X			
Zwarte rook	X	X			
alkanen	X	X			
PAKs	X	X			
Zware metalen	X	X			
Ammoniak			X		
Benzeen	X				
Fluoriden		X			
H ₂ S				X	
SO ₂					
Micro-organismen			X	X	

De optredende concentraties van luchtverontreinigende stoffen is onder meer afhankelijk van (Snijder, 2009):

- Lokale emissies van onder meer industrie, verkeer en huishoudens;
- De verspreiding ten gevolge van meteorologische omstandigheden;
- Aanvoer die afkomstig is van andere delen van Nederland en/of andere landen: transport over grote afstand;
- Verwijdering uit de atmosfeer door droge en natte depositie;
- Vorming of verwijdering van componenten door reacties in de atmosfeer.

Stikstofdioxiden (NO_x)

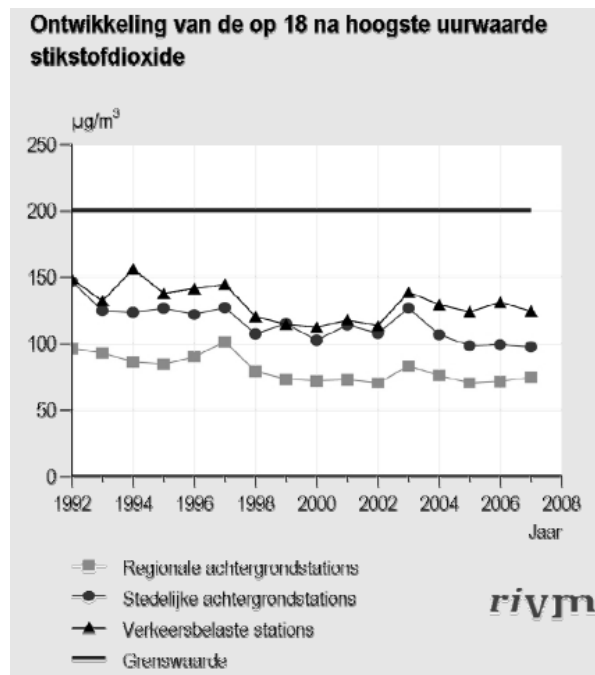
Emissie van stikstofoxiden (NO_x) naar lucht vindt voornamelijk plaats bij verbrandingsprocessen. NO_x bestaat uit een mengsel van stikstofdioxide (NO₂) en stikstofmonoxide (NO). Nadelige effecten bij mens en ecosystemen van met name de NO₂-fractie treden op bij kortdurende blootstelling aan hoge niveaus en bij chronische blootstelling aan lage niveaus.

Met betrekking tot de effecten van stikstofdioxide stelt de GGD: 'De oxiderende eigenschappen van NO₂ kunnen effecten in de luchtwegen en longen veroorzaken in de vorm van vermindering van de longfunctie en afname van de weerstand tegen infecties van het longweefsel. De luchtwegklachten waarmee dit gepaard gaat, kunnen ziekenhuisopnames tot gevolg hebben. Ook is aangetoond dat blootstelling aan NO₂ bij gevoelige personen kan leiden tot een versterkte reactie op allergenen en astmatische klachten.' (GGD, 2005). Stikstofdioxide wordt verder ook gehanteerd als een indicator voor het totale mengsel van luchtverontreiniging (gasvormig en deeltjes) dat uit de uitlaat komt en waarvoor deels geen grenswaarden gelden.

Naast directe effecten zijn er ook indirecte effecten op mens en ecosystemen. Stikstofoxiden dragen bij aan de ongewenste vorming van troposferisch ozon terwijl de depositie van stikstofoxiden en

atmosferische volgproducten, zoals aërosolen, een aandeel leveren in de verzuring en vermisting van bodem en oppervlaktewater.

De NO₂-grenswaarde voor de uurgemiddelde concentratie is in Nederland in 2007 niet boven de maximaal 18 toegelaten overschrijdingsuren uitgekomen. In 2007 bedroeg het landelijk gemiddelde niveau voor deze maat 71 µg/m³. Overschrijding op individuele meetlocaties, zoals op drukke verkeerslocaties, heeft zich niet voorgedaan. De hoogste waarden komen voor in de Randstad. Hoge concentraties worden in belangrijke mate beïnvloed door meteorologische omstandigheden wat tot jaarlijkse verschillen kan leiden. Uit de waarnemingen die in het LML worden gedaan blijkt dat in de laatste paar jaren weinig verandering zit in de hoogte van de piekconcentraties zoals deze gemiddeld op regionale achtergrond, stedelijke achtergrond en verkeersbelaste stations voorkomen (Figuur 26).



Figuur 26. Ontwikkeling van de op 18 na hoogste uurwaarde stikstofdioxide (per jaar) in Nederland.

Fijnstof (PM₁₀)

Fijnstof is een vorm van deeltjesvormige luchtverontreiniging. Het is een complex mengsel van deeltjes van verschillende grootte en van diverse chemische samenstelling.

Over het algemeen is koolstof het meest voorkomende element in het fijnstof uit een rookpluim (circa 60%) in de vorm van roet en een groot aantal stofgebonden koolwaterstoffen (Mennen en Van Belle, 2007). Het koolstofgehalte in fijnstof bemonsterd op een stadsachtergrondlocatie en nabij een snelweg varieerde van ongeveer 15 tot 35%, waarvan een kwart tot een derde uit elementair koolstof (roet) bestond en de rest uit organische verbindingen.

Een veel gebruikte afkorting voor fijnstof is PM. PM staat voor de Engelse term Particulate Matter. Afhankelijk van de doorsnede van de stofdeeltjes wordt gesproken van PM₁₀ voor deeltjes met een doorsnee tot 10 µm of van PM_{2,5} voor deeltjes met een doorsnee tot 2,5 µm (MNP, 2005).

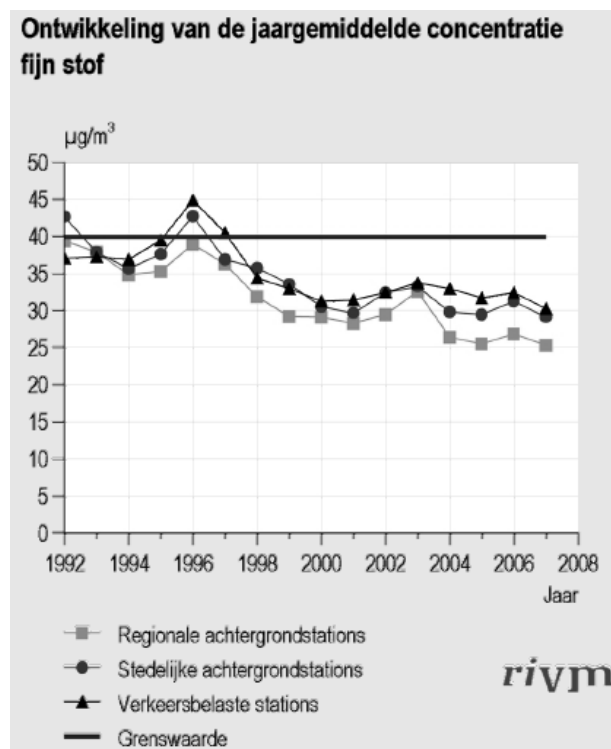
PM₁₀ bestaat uit een primaire en een secundaire fractie. De primaire fractie wordt door direct menselijk handelen, maar ook door natuurlijke processen in de lucht gebracht. De belangrijkste door mensen veroorzaakte uitstoot komt van transport, industrie en landbouw. Van de Nederlandse emissies is verkeer (vooral afkomstig van diesel) met circa 40% de belangrijkste. Opvallende bronnen (maar relatief minder belangrijk) zijn autobandenslijtage en stal-emissies van de landbouw.

Belangrijke natuurlijke bronnen zijn zeezoutaerosol en opwaaiend bodemstof. Het secundaire deel wordt in de atmosfeer gevormd door chemische reacties van gassen, waar in het bijzonder ammoniak (NH₃), stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO₂) en vluchtige organische stoffen (VOS) een belangrijke rol spelen. De fijnstofconcentraties in Nederland zijn opgebouwd uit de achtergrondconcentraties plus lokale bijdragen. Het grootste deel van de door mensen veroorzaakte PM₁₀-achtergrondconcentratie

komt uit het buitenland. Hier bovenop komt de lokale bijdrage uit eigen land, vooral in dichtbevolkte gebieden, die leidt tot een verhoging van het concentratieniveau. De chemische samenstelling en grootteverdeling van de deeltjes die samen aangeduid worden als PM10 kunnen sterk wisselend zijn. In Bijlage: staan de normen voor fijnstof in de lucht. Volgens McLeod Russel is meer dan 99,9% van de deeltjes in de atmosfeer kleiner dan 1 µm (Figuur 20).

Fijnstof wordt door de mens ingeademd en kan gezondheidseffecten veroorzaken. Luchtverontreiniging door PM10 kan in verband gebracht worden met naar schatting 1700 á 3000 jaarlijkse vroegtijdige sterfgevallen. Deze ernstige gezondheidseffecten zullen vooral voorkomen bij personen met een zwakke gezondheid. Minder zware effecten zoals luchtwegklachten kunnen echter bij de gehele bevolking optreden. De causale factor en de biologische mechanismen achter de gezondheidseffecten zijn nog onbekend. De gezondheidseffecten van langetermijnblootstelling aan fijnstof zijn mogelijk aanzienlijk groter dan die bij kortetermijnblootstelling. Er is een schatting gemaakt van 12.000 à 24.000 vroegtijdige sterfgevallen bij een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van 35 µg/m³. De geschatte levensduurverkorting is hierbij circa 10 jaar. De onzekerheden in deze schattingen zijn echter groot. Als oorzaak voor de gezondheidseffecten kan geen enkele fractie volledig worden uitgesloten, maar sommige fracties (primair aerosol gerelateerd aan verbrandingsprocessen) lijken van groter belang te zijn voor gezondheidseffecten dan andere fracties (zeezout, secundaire aerosolen en bodemstof).

De PM10-concentraties worden behalve door ontwikkelingen in emissies tevens door de meteorologische condities beïnvloed die van jaar tot jaar verschillen. Zo betrof 2003 een ongunstig meteorologisch jaar, wat tot hogere fijnstofconcentraties heeft geleid. In Figuur 27 is de ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie fijnstof in Nederland weergegeven. In en rondom een aantal steden (o.a. Rotterdam, Eindhoven, Amsterdam) vond in 2007 meer dan 35 keer een overschrijding plaats van het maximale daggemiddelde van 50 µg/m³. De luchtkwaliteit voor fijnstof is in Nederland in de afgelopen 10 jaar met 25% verbeterd (www.pbl.nl/nl).



Figuur 27. Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie fijnstof in Nederland.

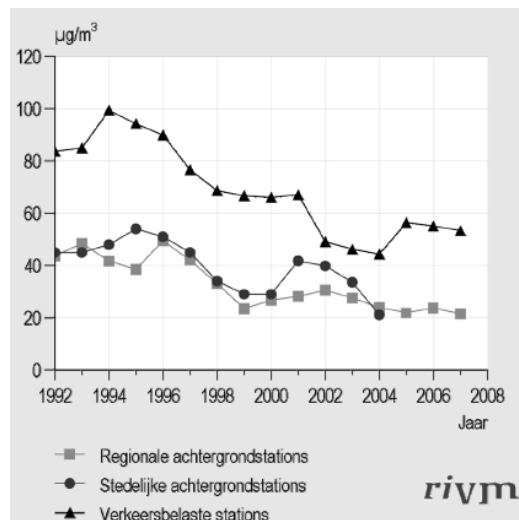
Zwarte rook

Zwarte rook is het fijnste deel van het fijnstof. Het is een verzamelnaam voor stoffen die met behulp van de 'zwarte rookmethode' worden gemeten. Bij deze methode wordt gedurende 24 uur stof op een filter verzameld. Hiervan wordt dan de zwarting gemeten. Volgens een standaardmethode wordt de zwarting omgerekend naar een massaconcentratie.

Emissie van deze deeltjes, vooral roet, vindt voornamelijk plaats door wegverkeer (vrachtverkeer), scheepvaart en industrie, als gevolg van onvolledig verlopende verbrandingsprocessen. Aan de roetdeeltjes, grotendeels bestaande uit elementair koolstof, kunnen andere stoffen, waaronder niet vluchtige polycyclische aromatische koolwaterstoffen, zijn geadsorbeerd. Hoge concentraties zwarte rook zijn geassocieerd met nadelige effecten op de gezondheid.

In 2001 zijn de normen voor zwarte rook vervangen door PM10-normen. Vanwege de relatie met de PM10-concentraties en de volksgezondheid worden de resultaten van zwarterookmetingen hier nog wel genoemd. Metingen van zwarte rook blijken bruikbaar om het effect van verkeersmaatregelen op de luchtkwaliteit aan te tonen.

Figuur 28 toont de ontwikkeling van het 24-uurs 98-percentiel van zwarte rook. In de afgelopen tien jaar daalde het 98-percentiel niveau (de op zeven na hoogste daggemiddelde waarde per jaar) van zwarte rook op de regionale achtergrond, stedelijke achtergrond en verkeersbelaste stations met enkele procenten per jaar. De 98-percentielwaarde is gevoelig voor de van jaar tot jaar wisselende meteorologische omstandigheden.



Figuur 28. De ontwikkeling van het 24-uurs 98-percentiel van zwarte rook in Nederland.

Ozon (O₃)

Ozon wordt niet als zodanig door de mens in de atmosfeer gebracht. Het wordt onder invloed van zonlicht gevormd uit stikstofoxiden, koolwaterstoffen, koolstofmonoxide en methaan. Ozon kan door het sterk oxiderende karakter nadelige effecten hebben op de gezondheid van mensen en schade toebrengen aan vegetatie en materialen.

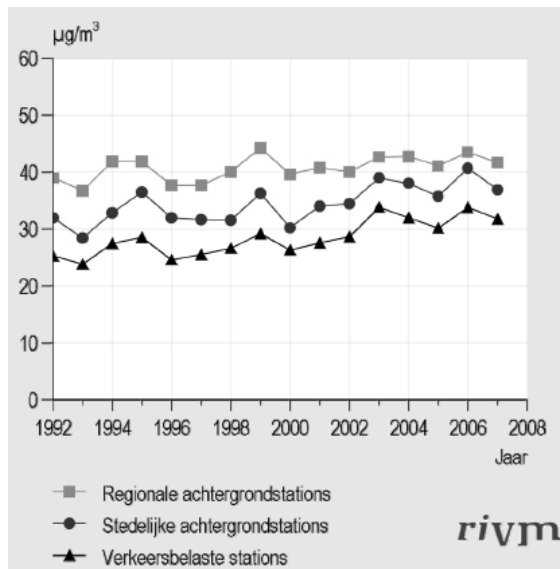
Hoge ozonconcentraties in straten en in grote steden worden gedeeltelijk omgezet door reacties met NO-emissies van verkeer. Verhoogde ozonconcentraties waaraan veel mensen worden blootgesteld zijn daarom eerder in voorstedelijke gebieden te verwachten.

De vanaf 2003 geldende streefwaarde voor ozon (EU, 2002) is 120 µg/m³ voor de hoogste 8-uursgemiddelde waarde per dag. In 2010 mag deze nog slechts maximaal 25 dagen per jaar worden overschreden, gemiddeld over drie jaar. Als langetermijndoelstelling wordt gestreefd naar het volledig voorkomen van overschrijdingen.

De ozonconcentraties gemiddeld per jaar laat voor alle locatietypen over de afgelopen jaren een lichte stijging zien met een relatief constante bandbreedte (Figuur 29).

Het aantal dagen dat de norm wordt overschreden in Nederland (norm 8-uursgemiddelde ozonconcentraties boven 120 µg/m³, zie Bijlage:) is sterk afhankelijk van de meteorologische

omstandigheden. In jaren met veel zomerse dagen en hoge temperaturen zoals 2003 en 2006 (en ook 1994 en 1995) worden veel meer overschrijdingen waargenomen (tussen de 20 en 30 dagen per jaar) dan gedurende jaren met minder zomerse dagen, zoals in 2002 en 2005.



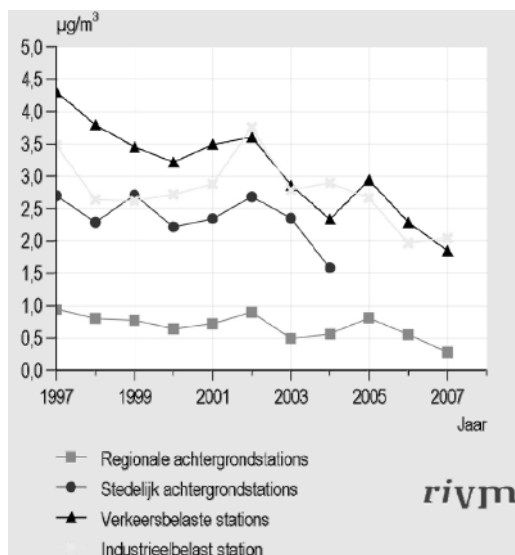
Figuur 29. Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie per locatietype.

Vluchtige organische stoffen

Vluchtige organische stoffen (VOS) leiden onder invloed van zonlicht, via chemische reacties met NO_x, tot vorming van ozon en daardoor indirect tot effecten op de volksgezondheid en ecosystemen. Daarnaast kunnen sommige van deze stoffen door hun specifieke toxische eigenschappen direct tot effecten leiden op de volksgezondheid of ecosystemen. Sommige VOS dragen bij aan het broeikas effect of de aantasting van de ozonlaag. Tevens dragen de VOS bij aan de PM₁₀ en PM_{2,5} concentraties. In het LML werden in 2007 46 verschillende VOS gemeten op acht locaties van het LML. De gemeten VOS zijn componenten in de groepen alkanen, aromaten en gechlloreerde alkanen.

Alkanen

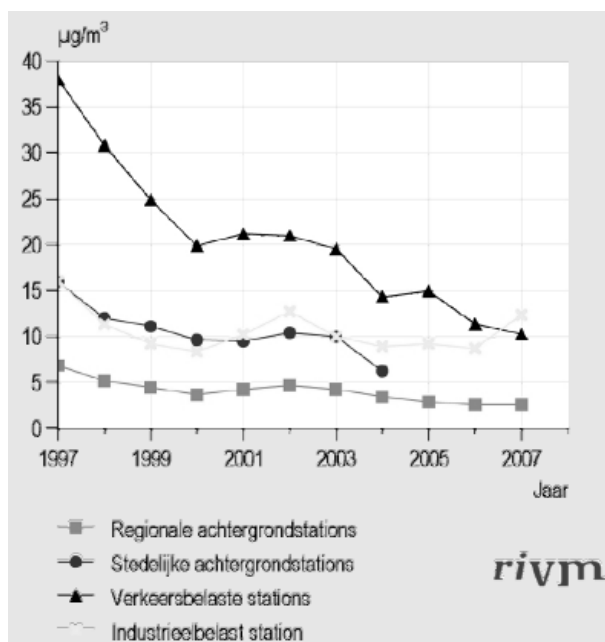
In Figuur 30 zijn achtergrondconcentraties weergegeven van totaal alkanen. Directe effecten op de volksgezondheid en ecosystemen zijn bij de waargenomen concentraties niet te verwachten, maar ze dragen wel bij aan ozonvorming. In vergelijking met de andere componentgroepen is de bijdrage van de industrie naar verhouding vrij groot, en van verkeer wat minder.



Figuur 30. Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie alkanen.

Aromaten

Aromaten zijn verbindingen die een benzeenring bevatten. Hieronder vallen een aantal stoffen die tot nadelige effecten op de gezondheid kunnen leiden, waarvan benzeen de bekendste is. Van de VOS die binnen het LML worden gemeten, vormen de aromaten vanwege de hogere concentraties de belangrijkste groep. Het aandeel van verkeer in de emissie van deze stoffen is groot, wat tot uitdrukking komt in de vrij sterke verhoging in straten ten opzichte van de stadsachtergrond. Vanaf het midden van de jaren 90 zijn de concentraties sterk gedaald. De laatste jaren is deze dalende trend verminderd. Alleen op het industrieel belaste station zijn de concentraties het afgelopen jaar toegenomen (Figuur 31).

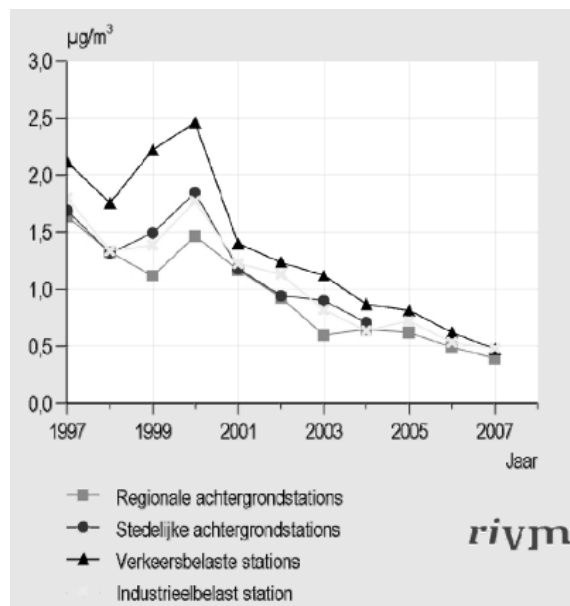


Figuur 31. Ontwikkeling van jaargemiddelde concentraties aromaten.

Gechloreerde alkanen

In gechloreerde alkanen is op één of meerdere plaatsen een waterstofatoom vervangen door een chlooratoom. Door deze substitutie zijn deze gechloreerde alkanen minder atmosferisch reactief, waardoor zij veel langer in de atmosfeer verblijven en een relatief hogere grootschalige achtergrondconcentratie vertonen dan de andere VOS-groepen. In verband met de aantasting van de

ozonlaag is het gebruik van enkele gechloreerde alkanen, zoals methylchloroform en koolstoftetrachloride, sinds enkele jaren verboden. De concentraties van gechloreerde alkanen zijn sterk gedaald in de jaren 90 (Figuur 32). De daling lijkt zich te stabiliseren in de laatste jaren. De gemeten concentraties in Nederland worden voor een steeds groter gedeelte bepaald door de bijdrage van de grootschalige achtergrondconcentratie veroorzaakt door bronnen in het buitenland. Dit is terug te zien in de verhouding van de concentraties tussen stedelijke en regionale achtergrondstations die de laatste jaren steeds kleiner is geworden.



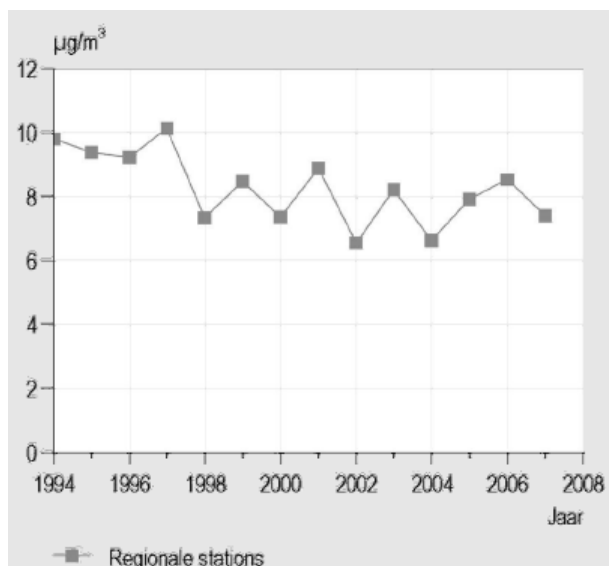
Figuur 32. Ontwikkeling van jaargemiddelde concentratie gechloreerde alkanen.

Ammoniak (NH₃)

Ammoniak komt voornamelijk in de atmosfeer ten gevolge van activiteiten in de landbouw door verdamping uit mest in stallen en gebruik van mest op gras- en bouwland. De depositie van ammoniak op vegetatie en bodem kan leiden tot bodemverzuring en vermesting van de bodem en de vegetatie. De verzuring en vermesting kunnen leiden tot een verlies van biodiversiteit van de natuur. De landelijk gemiddelde depositie van stikstof bedroeg in het jaar 2007 2198 mol/ha. In gebieden met intensieve veehouderij, zoals de Peel, de Gelderse Vallei en de Achterhoek, komen deposities voor die op kunnen lopen tot meer dan 3050 mol/ha. Dit wordt veroorzaakt door de hoge ammoniakuitstoot ter plaatse. Ammoniak draagt ook bij aan de concentratie van fijnstof in de lucht (Beijk e.a., 2008).

Door de invoering van de driewegkatalysator is ook het wegverkeer ammoniak gaan uitstoten. Deze hoeveelheid is beperkt, maar langs drukke snelwegen kan dit toch een factor van betekenis zijn.

Er is nationaal en internationaal beleid om de emissies en de effecten van ammoniak te reduceren. Vanaf 1997 lijken de jaargemiddelde ammoniakconcentraties redelijk gestabiliseerd te zijn op een gemiddelde waarde van circa 8 µg/m³ (Figuur 33). De schommeling om dit gemiddelde wordt voornamelijk veroorzaakt door de meteorologische variatie van jaar tot jaar (Beijk e.a., 2008).



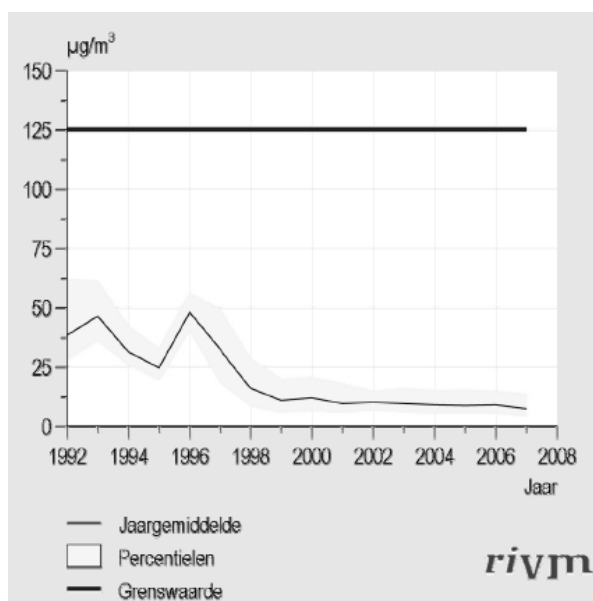
Figuur 33. Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie ammoniak.

Zwavel dioxide (SO₂)

Emissie van zwavel dioxide (SO₂) naar de lucht vindt voornamelijk plaats bij gebruik van zwavelhoudende brandstoffen. Hoge concentraties SO₂ hebben negatieve effecten op mens, dier en plant. SO₂ is een van de belangrijkste componenten van luchtvervuiling en smog. Het vormt in lucht in aanwezigheid van vocht en andere verbindingen zwaveltrioxide (SO₃), een verbinding waaruit zich in water zwavelzuur vormt. Dit regent uit de atmosfeer op de aarde neer (zure regen).

Er zijn twee normen voor de bescherming van de mens tegen de effecten van kortstondige blootstelling aan SO₂. De grenswaarde van 350 µg/m³ voor de uurgemiddelde concentratie mag niet vaker dan 24 keer per kalenderjaar worden overschreden. De grenswaarde van 125 µg/m³ voor de daggemiddelde concentratie mag niet vaker dan 3 keer per kalenderjaar worden overschreden.

Door emissiereducerende maatregelen bij de belangrijkste bronnen van SO₂ (elektriciteitscentrales, raffinaderijen en verkeer) in binnen- en buitenland dalen sinds begin jaren tachtig de piekniveaus van SO₂ (de op drie na hoogste dagwaarde). De laatste jaren lijken de niveaus zich gestabiliseerd te hebben (Figuur 34). De hoogste niveaus werden in het Rijnmondgebied, Zeeland en in het zuidwesten van Noord-Brabant waargenomen, samenhangend met lokale industrie, scheepvaart en de nabijheid van Belgische bronnen. De grenswaarde van 20 µg/m³ voor de jaar- en wintergemiddelde SO₂-concentratie is in 2007 nergens in Nederland overschreden (Beijk e.a., 2008).

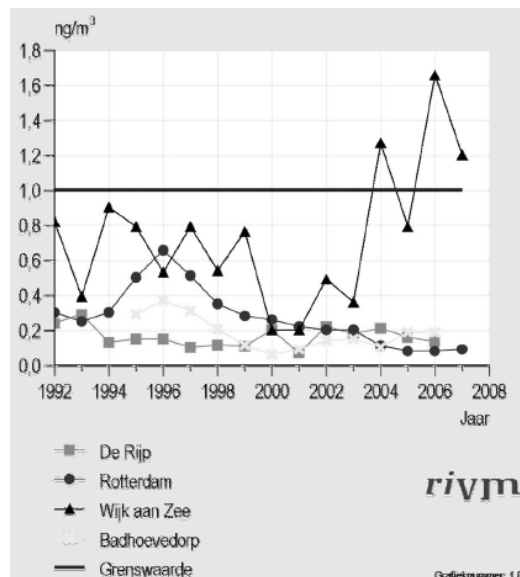


Figuur 34. Ontwikkeling van de op drie na hoogste dagwaarde zwaveldioxide.

Benzo(a)pyreen

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) vormen een groep van enige honderden organische verbindingen opgebouwd uit twee of meer benzeenringen. PAKs verschillen onderling enigszins in fysisch-chemische eigenschappen en sterk in de risico's voor mens en ecosystemen. Circa 50 tot 90% van de carcinogene potentie van PAK-mengsels voorkomend in de buitenlucht kan worden toegeschreven aan de componenten benzo[a]pyreen, chryseen, fluoranteen en fenantreen. De component benzo[a]pyreen (B[a]P) geldt als gidsstof voor PAK-mengsels. De waarde voor het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) voor PAK is uitgedrukt als de jaargemiddelde B[a]P-concentratie en bedraagt 1 ng/m³. In de agglomeraties Rotterdam/Dordrecht en Amsterdam/Haarlem ligt de B[a]P-concentraties soms boven de norm.

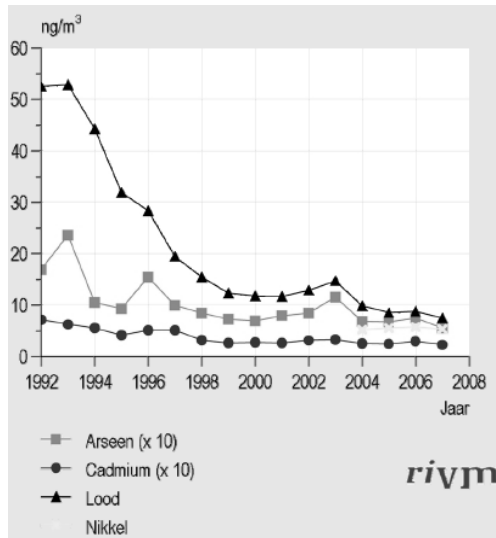
In 2007 is in Nederland op drie locaties in het westen van het land de concentraties van PAK gemeten door de provincie Noord-Holland (Beverwijk, Wijk aan Zee - industrieel belast) en DCMR (Rotterdam - stadsachtergrond). Benzo[a]pyreenconcentraties worden sterk beïnvloed door de weersomstandigheden. Mede hierdoor kan de jaargemiddelde concentratie een grillig verloop vertonen (Figuur 35). De benzo[a]pyreenconcentraties worden sterk lokaal bepaald. Hierdoor kunnen grote concentratieverschillen optreden tussen verschillende meetlocaties.



Figuur 35. Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie benzo[a]pyreen.

Zware metalen

Vooraf verkeer en industrie emitteren zware metalen naar de lucht. Verder komen zware metalen vrij bij verbrandingsprocessen bij raffinaderijen en afvalverwijdering. De metalen komen hoofdzakelijk voor in de vorm van aerosolen. Depositie van zware metalen draagt bij aan de belasting van bodem en water. Er zijn Europese grenswaarden voor lood (0,5 µg/m³), arseen (6 ng/m³), cadmium (5 ng/m³) en nikkel (20 ng/m³) in de lucht ter bescherming van de bevolking. In Nederland worden op vijf locaties metaalconcentraties in lucht gemeten: Houtakker (Noord-Brabant), Vlaardingen (Zuid-Holland), Bilthoven (Utrecht) en Kollumerwaard (Groningen). In het algemeen is er een gradiënt met afnemende concentraties van zuid naar noord. De jaargemiddelde concentraties van arseen, cadmium, lood en zink stabiliseren de laatste jaren. In de tien jaar daarvoor vond een gestage daling plaats, waardoor de concentraties in Nederland ongeveer halveerden en voor lood zelfs meer dan dat. De daling van arseenconcentraties tot 1995 komt voornamelijk door emissiereducties in de energiesector. De daling van de cadmiumconcentraties komt door emissiereducties in de industrie en afvalverwerking, en maatregelen in het buitenland. De daling van lood komt door een voortschrijdende afname van loodemissies door het verkeer. De daling in zinkconcentraties is voornamelijk toe te schrijven aan emissiereducties bij de doelgroepen industrie en afvalverwerking (Figuur 36).



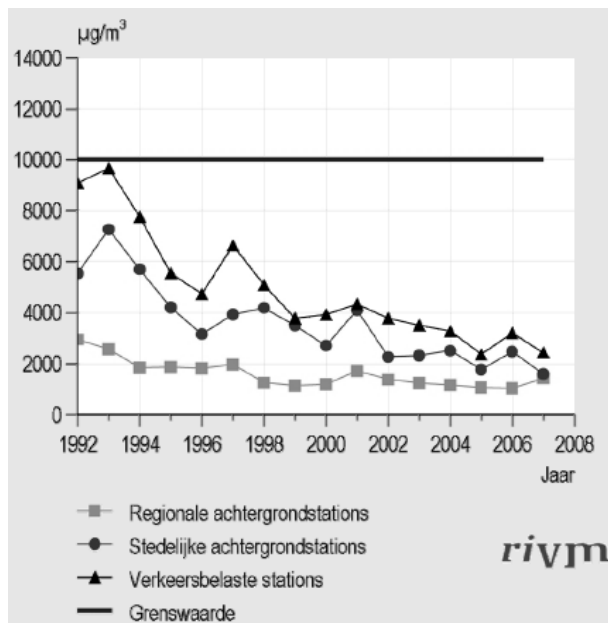
Figuur 36. Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie lood, nikkel, cadmium en arseen.

Koolstofmonoxide (CO)

Koolstofmonoxide (CO) wordt voornamelijk gevormd bij onvolledig verloopende verbrandingsprocessen. Het verkeer levert het grootste aandeel in de Nederlandse emissie, in 2005 circa 60%. Hoge concentraties CO hebben merkbare invloed op het zuurstofbindende vermogen van het bloed. Dit leidt tot klachten variërend van sufheid en afnemend reactievermogen tot veranderingen in hart- en longfunctie bij zeer hoge concentraties. Ter bescherming van de bevolking tegen de effecten zijn grenswaarden gesteld aan de concentraties van koolstofmonoxide in de lucht. Vanaf 13 december 2000 is een nieuwe EU-norm van kracht. Deze EU-norm hanteert een grenswaarde van 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het glijdend 8-uursgemiddelde. Vanaf 1 januari 2005 moet aan deze grenswaarde worden voldaan. Deze nieuwe norm is strenger dan de oude grenswaarde en komt overeen met een 98-percentielwaarde van 3600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Gemiddeld over Nederland bedroeg de 98-percentielwaarde voor glijdende 8-uursgemiddelden in 2007 circa 530 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De concentraties zijn het laagst in het noorden van het land en het hoogst in de stedelijke gebieden in de Randstad. Overschrijdingen van de grenswaarde voor het 98-percentiel CO (3600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in de buitenlucht kwamen in 2007 niet voor.

Emissiereducerende maatregelen bij de industrie en de invoering van de katalysator in het verkeer hebben bijgedragen aan de daling (Figuur 37). De van jaar tot jaar optredende fluctuaties worden vooral veroorzaakt door wisselende meteorologische omstandigheden.



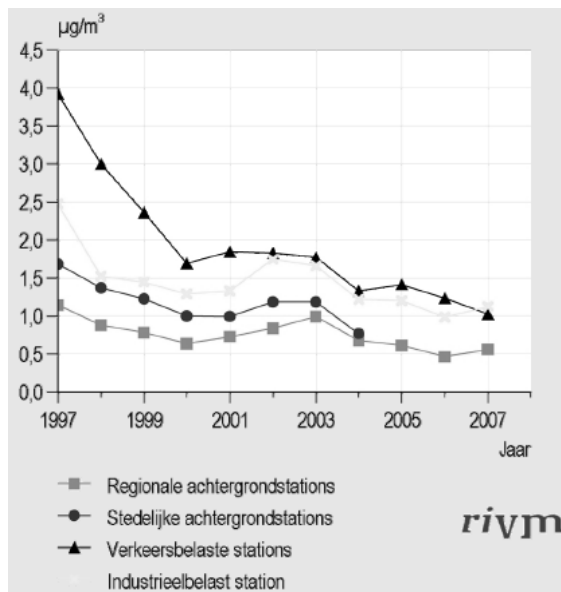
Figuur 37. Ontwikkeling van de maximale 8-uursgemiddelde concentratie CO.

Benzeen (C₆H₆)

Benzeen heeft een toxische werking op het bloed en bloedvormende weefsels. Daarnaast is benzeen carcinogeen; blootstelling kan leiden tot leukemie. Benzeen is een vluchtig aromatisch bestanddeel van benzine, waardoor het wegverkeer een belangrijke bron vormt. Door de vrij lange levensduur in de atmosfeer is ruim de helft van het in Nederland voorkomende benzeen afkomstig van het buitenland. De EU-norm hanteert een grenswaarde van 5 µg/m³ voor de jaargemiddelde concentratie. Op 1 januari 2010 moet aan de grenswaarde worden voldaan.

De jaargemiddelde benzeenconcentratie over Nederland bedroeg circa 0,5 µg/m³ in 2007. Verhoogde waarden treden vooral op in stedelijk gebied in de Randstad (Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht). De hoogste achtergrondwaarden treden op door grote puntbronnen in de haven van Amsterdam bij op- en overslag van brandstoffen en in het Rijnmondgebied bij de chemische industrie.

De jaargemiddelde benzeenconcentratie vertoonde tot 2000 een dalende trend, die het sterkst was op verkeersbelaste stations. In de jaren daarna trad stabilisatie op (Figuur 38). De opvallende daling sinds 1996 is vooral het gevolg van de invoering van de geregelde driewegkatalysator, technische verbeteringen van personenwagens en de verlaging van het benzeengehalte in benzine. Per 1 januari 2000 is de norm voor het benzeengehalte in benzine van 5 naar 1% verlaagd. Het gemiddelde benzeengehalte in benzine lag in de jaren 90 op 2-2,5%.



Figuur 38. Ontwikkeling van de jaargemiddelde benzeenconcentratie.

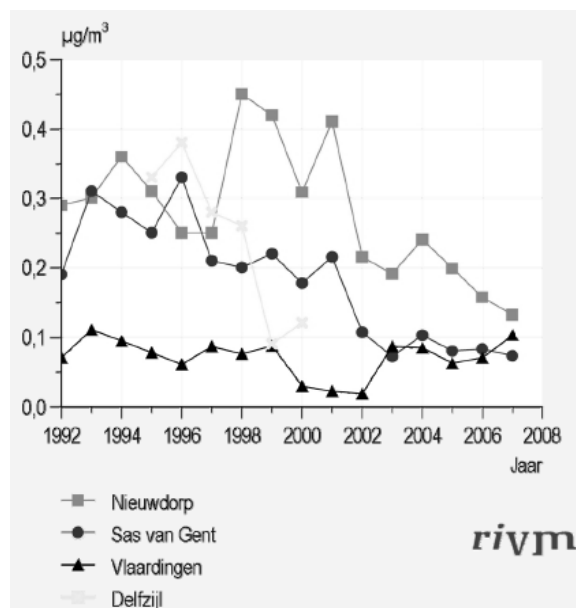
Fluoriden

Fluoride is de verzamelnaam voor fluorbevattende anorganische verbindingen. Fluoriden worden voor circa 70% als gas (HF) geëmitteerd. Emissies komen voornamelijk vrij bij bronnen als steenfabrieken, keramische industrie, en aluminiumproductie. Emissies van fluoriden vinden plaats in een beperkt aantal gebieden in Nederland: Noordoost-Groningen, rivierengebied, Sloegebied, Rijnmondgebied en Zuid-Limburg. Aangezien HF een hoge depositiesnelheid heeft worden de hoogste concentraties en deposities nabij brongebieden gevonden. Gasvormige fluoriden zijn bij hoge doses sterk irriterend voor huid en longweefsel. Bij een HF-concentratie van 30 µg/m³ (HF is de meest toxische fluorverbinding) wordt een effect op de donker-adaptie van het oog waargenomen. Chronisch hoge doses kunnen leiden tot gebits- en skeletafwijkingen. Het huidige blootstellingsniveau houdt echter geen risico in voor de bevolking.

Fluoridemetingen in lucht worden uitgevoerd in gebieden waar door lokale industrie een verhoogde fluoride-emissie plaatsvindt. De meetgegevens zijn daarom niet representatief voor de gemiddelde concentratie over Nederland. In 2007 werden maximale daggemiddelde concentraties gemeten bij Nieuwdorp en Sas van Gent van 0,5 µg/m³.

De jaargemiddelde concentraties kennen grote fluctuaties. Na een zekere daling in de jaren 90 laten de resultaten van de laatste jaren voor twee van de drie meetlocaties een zekere stabilisatie zien (Figuur 39). De MTR voor het jaargemiddelde is 0,05 µg/m³.

Op vijf plaatsen in Nederland wordt de accumulatie van fluoride in kalkpapier bepaald, als indicatie voor de depositie. De accumulatie op de onbelaste meetstations Huijbergen en Bilthoven zijn zoals te verwachten het laagst. Op de meetpunten Wageningen en Delfzijl, gelegen in de nabijheid van lokale fluorideemitterende industrie, worden licht verhoogde accumulaties gemeten (jaargemiddelde concentratie fluorideaccumulatie in 2007 tot 1 µg/g). Op zeer korte afstand tot een bron (meetpunt Delfzijl-gemaal) is de accumulatie het hoogst. Hier is de concentratie 8 maal zo hoog als op het algemene meetpunt van Delfzijl.



Figuur 39. Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie fluoride.

MTBE

MTBE (Methyl-*tert*-butylether) is een organische verbinding die tot de stofklasse van de ethers behoort. Aan benzine wordt sinds 1988 vaak MTBE toegevoegd om de klopvastheid te verhogen. Vroeger werd daarvoor het zeer giftige tetraëthyllood gebruikt (loodhoudende benzine). Ook aan MTBE worden schadelijke eigenschappen toegerekend en een verbod op gebruik ervan mag wellicht in de toekomst dan ook worden verwacht. Het toepassen van een zuurstofhoudende hulpstof, zoals MTBE, zorgt voor een schonere verbranding en vermindering van de uitstoot van milieubelastende stoffen. In de Europese Unie mag benzine maximaal 15% MTBE bevatten.

MTBE is een kleurloze brandbare vloeistof met een typerende zoete geur. De stof is sterk ontvlambaar met een hoge kans op brand. De dampen zijn zwaarder dan lucht, en kunnen zich in laaggelegen ruimtes ophopen, waar een explosief mengsel met lucht kan worden gevormd. Wegens de grondwatervervuilende rol van MTBE is de stof inmiddels in 16 van 52 staten in de Verenigde Staten verboden, waaronder ook de staat Californië. Met name de geur- en smaakaspecten kunnen problemen geven bij de productie van drinkwater uit grondwater.

Bestrijdingsmiddelen

Bespuiting van gewassen met bestrijdingsmiddelen veroorzaakt ongewild emissie, drift genoemd. Dit is een proces waardoor het bestrijdingsmiddel in de atmosfeer buiten het doelgebied gebracht wordt. De emissie treedt in werking op het tijdstip dat met de bespuiting wordt begonnen, maar kan na het beëindigen daarvan nog vele dagen doorgaan. Er zijn twee stadia van emissie, elk met een eigen tijdkenmerk:

- i) Emissie tijdens de bespuiting (druppelvorming en spray drift). Een gedeelte van de gevormde druppels tijdens de toediening wordt door de wind buiten het te bespuiten oppervlak gedreven. Zolang deze druppels nog niet zijn neergeslagen, zijn ze onderhevig aan verspreiding in de atmosfeer. Bovendien kan een klein gedeelte van het bestrijdingsmiddel uit de druppels verdampen en als damp worden gedispergeerd. Kenmerkend voor deze emissie is dat het debiet ervan min of meer constant is tijdens de bespuiting en hierna ophoudt. Druppeldrift wordt in eerste instantie bepaald door de windsnelheid en de valsnelheid van de druppels (afhankelijk van druppeldiameter), en in minder mate door de snelheid die de druppels hebben bij het verlaten van de spuitdop.
- ii) Emissie na de bespuiting (verdamping). Overeenkomstig het doel van de bespuiting komt het grootste deel van het verspoten bestrijdingsmiddel op het gewas terecht. Afhankelijk van de spuittechniek zal echter een niet te verwaarlozen fractie op de bodem terecht komen. In de dagen na de bespuiting zal een aanzienlijk deel van het bestrijdingsmiddel in de dagen na de bespuiting verdampen vanaf de grond of het gewas. Deze hoeveelheid neemt in de loop van de tijd af. De

hoeveelheid verdamping hangt onder meer af van de gewasdichtheid, soort gewas, groeistadium gewas en vluchtigheid, de manier van toedienen van het middel en weersomstandigheden.

Er zijn niet veel onderzoeken gedaan naar concentraties van bestrijdingsmiddelen in lucht vanwege de hoge kosten, moeilijke uitvoerbaarheid en de grote hoeveelheid werk die dat met zich meebrengt. Alleen over bestrijdingsmiddelen in de lucht bij kassen zijn enkele rapporten verschenen (Mensink en Linders, 1998; Leistra e.a., 2001). Zie hiervoor verder de uitwerking in hoofdstuk 7 over pb Nietap.

Micro-organismen

Micro-organismen worden niet in het LML meegenomen. Van der Woerd e.a. (1999) meette micro-organismen in de lucht bij een RWZI. Zie hiervoor paragraaf 6.7.7 in het hoofdstuk over pb Kralingen.

Micro-organismen kunnen zich via aerosolen door de lucht verplaatsen. Aerosolen verdampen snel. Bij 22°C en 50% luchtvochtigheid is het water uit een aerosol van 200 µm in 5,2 seconden verdampt. Er blijft dan een druppelkern achter die door de wind verspreid wordt en grote afstanden af kan leggen. Vanwege hun persistentie en geringe omvang (20-90 nm) zijn virussen kritische micro-organismen voor de verspreiding via aerosolen. Grotere organismen zoals protozoa (5-20 µm) zullen minder makkelijk worden geaëroliseerd en zullen door luchtfilters worden verwijderd. Bacteriën (circa 1 µm) sterven sneller af door uitdroging van aerosolen (Van der Woerd e.a., 1999).

Q-koorts

Q-koorts is een zoönose, een infectieziekte die kan worden overgedragen van dieren op mensen, en wordt veroorzaakt door de intracellulair levende, aerobe, gram negatieve bacterie *Coxiella burnetii*. De bacterie wordt in de gastheer in twee vormen aangetroffen: een inactieve spoorvormer (circa 0,2 tot 0,4 µm lang) en een grote celvariant (tot circa 2 µm) met een bijna kokkenachtige staafvorm. De bacterie kan lang buiten de gastheer in leven blijven. De kleine celvariant is erg resistent tegen uitdrogen, UV-straling, zuren en basen en andere chemicaliën.

De mens kan niet alleen besmet worden door koeien, schapen en geiten, maar ook door honden, katten en vogels. Besmetting kan optreden door inademing van besmet stof van stallen, weilanden, ruwe wol en dierenhuiden, door direct contact met besmette dieren en door het nuttigen van besmette rauwe melk of onvoldoende verhitte vlees. Vooral het verwaaien van ingedroogde en op weilanden uitgereden mest zorgt voor verspreiding van de bacteriën naar de mens.

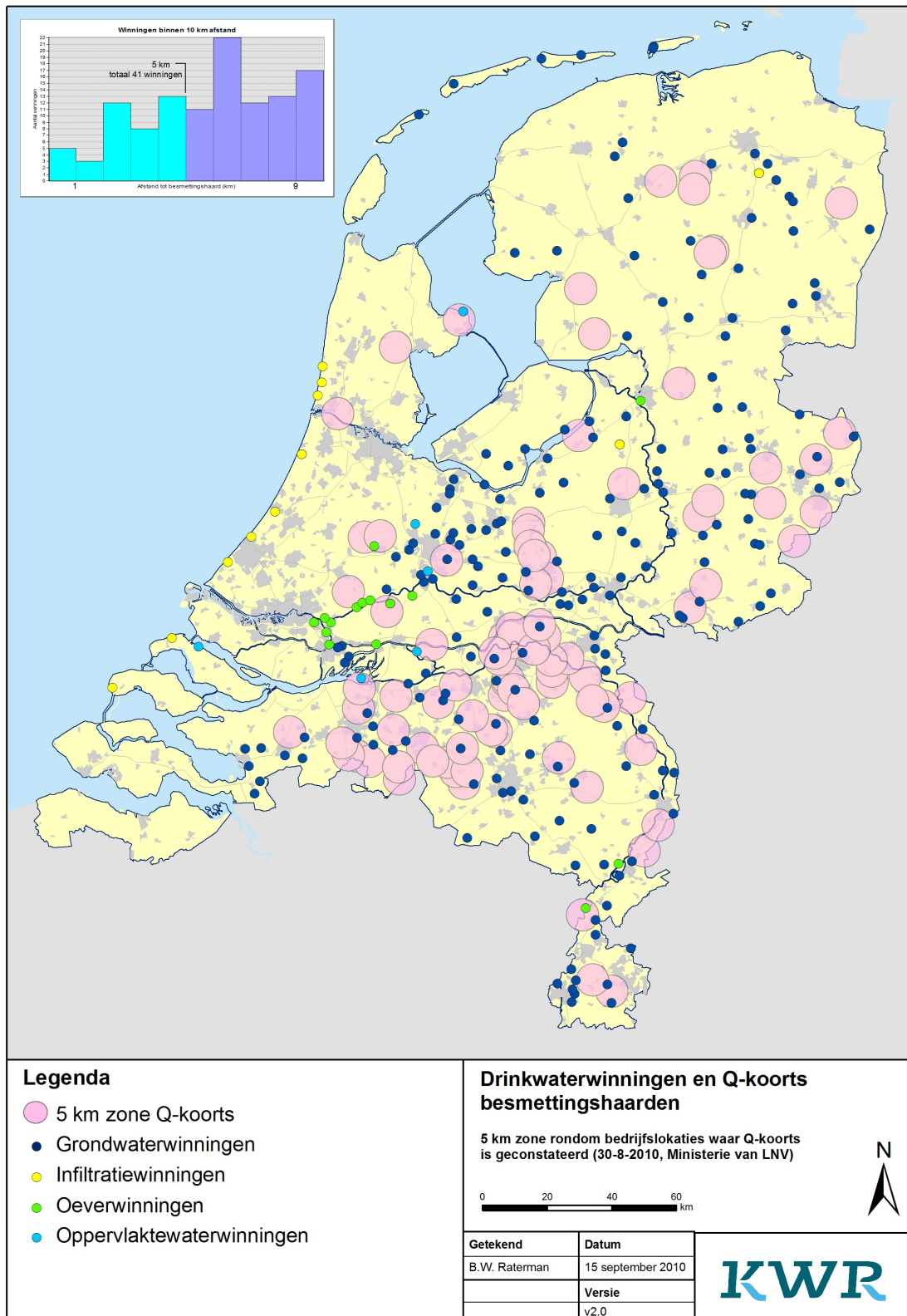
Als *Coxiella* in het milieu terecht komt, kan het lange afstanden afleggen tot wel 20 kilometer als de meteorologische en geografische condities gunstig zijn (Hawker e.a., 1998). De bacteriën zijn in de lucht gevonden op 5 of zelfs 10 kilometer afstand van geïnfecteerde boerderijen (RIVM, 2006). Eén enkele bacterie is voldoende om besmet te raken. De incubatietijd is 9 tot 40 dagen.

Tot 2007 waren er gemiddeld 15 besmettingen van de mens per jaar in Nederland. In de eerste helft van 2007 trad een piek van 59 besmettingsgevallen in de provincies Gelderland en Noord-Brabant (Herpen en omstreken) op. Hiervan waren 27 gevallen in een klein gebied in het oosten van Noord-Brabant geconcentreerd. In totaal werden dat er 168 (Wikipedia).

De bron van infectie kon niet met zekerheid worden vastgesteld. Hoogstwaarschijnlijk was er sprake van een brede verspreiding onder geiten en verspreiding naar de mens via de lucht door daarvoor gunstige weersomstandigheden (uitzonderlijk warm voorjaar en de daarmee samenhangende droogte) (RIVM, 2008).

In 2008 vond een vergelijkbare uitbraak plaats met meer dan 1000 besmettingen. Begin juni 2009 waren er 1133 besmettingen gerapporteerd, een aantal dat midden augustus was opgelopen tot 2026. Sinds april 2009 wordt er verplicht gevaccineerd. In 2010 moet blijken of dat geholpen heeft, samen met maatregelen die de hygiëne in stallen moeten verhogen (Wikipedia).

De adressen van de van geïnfecteerde boerderijen zijn gepubliceerd. In Figuur 40 zijn met roze stippen de vijf kilometerzones aangegeven rond de geïnfecteerde bedrijven op 30 augustus 2010 en de locaties van de drinkwaterproductiebedrijven (Sales Ortells en Medema, 2011). Deze kaart laat zien dat veel drinkwaterproductiebedrijven zijn gevestigd in de buurt van Q-koortsgebieden, 41 binnen een straal van 5 km tot de dichtstbijzijnde geïnfecteerde boerderij en 3 binnen 1 km tot de dichtstbijzijnde geïnfecteerde boerderij.



Figuur 40. Vijf kilometerzones rond de Q-koorts geïnfecteerde geitenboerderijen in Nederland en de locaties van drinkwaterproductiebedrijven (Sales Ortells en Medema, 2011).

V Bijlage: meldingen vanwege slechte luchtkwaliteit en stank in het Rijnmondgebied in 2009

Tabel 61. Overzicht gebeurtenissen met 25 of meer meldingen.

Datum	Veroorzaker	Aantal Meldingen	Plaatsnaam melder	Pa
18 januari	Shell Nederland Raffinaderij	Stank	26 Vlaardingen, Schiedam	
23 januari	C. Steinweg Handelsveem	Stank	201 Rozenburg, Maassluis, Spijkenisse, Naaldwijk, Maasdijk, 's-Gravenhage, Botlek Rt, Rotterdam, Hoogvliet Rt, Vlaardingen, Schiedam, 's-Gravenzande, Delft, Honselersdijk, Nieuw Beijerland, Oud Beijerland, Rhoon, Delfgauw	
21 februari	Vopak Terminal Europoort	Stank	31 Vlaardingen, Maassluis, Rotterdam, Schiedam	
21 februari	ECT (Delta Terminal)	Stank	29 Hoek van Holland, Naaldwijk, Wateringen, 's-Gravenhage, Rotterdam, Berkel en Rodenrijs, Vlaardingen, Maassluis, Maasdijk, Honselersdijk, Den Haag	
14 april	Europoort West	Stank	36 Oostvoorne, Rockanje, Hellevoetsluis	
13 juni	Scheepvaart	Stank	40 Rotterdam, Capelle a/d IJssel	
17 juni	Vopak Terminal Europoort	Stank	46 Maassluis, Rozenburg, Maasland, Vlaardingen	
3 en 4 juli	Groot Evenement "TMF Awards", Rotterdam	Lawaai	32 Rotterdam	
31 juli t/m 5 augustus	BP Raffinaderij Rotterdam	Stank en visuele hinder	40 Hoek Van Holland, Alphen aan den Rijn, 's-Gravenzande, Maassluis, Oegstgeest, Monster, Hoogvliet Rt, Oude Wetering, Rozenburg, Europoort Rt, Schiedam	
6 augustus	Scheepvaart	Stank	48 Spijkenisse, Heenvliet, Hellevoetsluis, Oud Beijerland	
17 en 18 augustus	Groot Evenement "Proloog Enecotour", Rotterdam	Lawaai	39 Rotterdam	
19 september	Andere oorzaak	Stank	28 Spijkenisse, Maassluis, Geervliet, Rotterdam, Heenvliet, Rozenburg, Hoogvliet Rt, Vlaardingen, Heinoord, Oostvoorne, Poortugaal	
4 oktober	Norfolkline Shipping	Lawaai	52 Vlaardingen	
6 november	Shell Nederland Raffinaderij	Stank	26 Vlaardingen, Hoogvliet Rt	
2 december	ATM Moerdijk	Stank	173 Rotterdam, Barendrecht, Berkel en Rodenrijs, Maasdam, Puttershoek, Bergschenhoek, Heerjansdam, Leiden, Mijnsheerenland, Zoetermeer	
25 en 26 december	Aannemers en slopers	Lawaai	31 Rotterdam	
30 december	Shell Nederland Raffinaderij	Stank	36 Spijkenisse, Hellevoetsluis, Abbenbroek, Geervliet, Melissant, Hoogvliet Zuidland, Ouddorp Zh, Simonshaven, Botlek Rotterdam	

Kuwait Petroleum Europoort

Op 13 februari 2009 woedde een grote brand bij Kuwait Petroleum Europoort (KPE).

De brand eiste geen slachtoffers maar bracht wel een grote materiële schade en maatschappelijke onrust teweeg. Naar aanleiding van de brand zijn 24 meldingen bij de meldkamer van de DCMR ingediend vanuit Brielle (10), Oostvoorne (9), en

Hellevoetsluis, Rockanje, Tinte, Hoogvliet en Pernis. De meldingen gingen vooral over veiligheid en visuele hinder in de vorm van rook en enkele over stankoverlast. De brand ontstond op een flens van de uitlaat van een ontzwavelingsreactor voor lichte gasolie. Door aanstraling van andere leidingen sprongen deze open en is de vloeistof tot ontbranding gekomen. De DCMR, Onderzoekraad voor de Veiligheid, Brandweer Rotterdam-

Rijnmond en Arbeidsinspectie stelden een grondig onderzoek in naar de oorzaken van het incident, dat leidde tot de vaststelling van een aantal onvolkomenheden in de bedrijfsvoering. In samenspraak met KPE is een verbetertraject gestart. Inmiddels zijn substantiële verbeteringen doorgevoerd.

Shell Nederland Raffinaderij, Pernis

Op 30 december 2009 vond bij Shell even na 05:00 uur een lekkage plaats in de HV-slobleiding van de afdeling RCT. Hierbij kwam vacuümgasolie vrij. Het lek werd ingeblokt en de gelekte vloeistof werd afgedekt met een schuimlaag om stankoverlast te voorkomen. Bij de DCMR kwamen rond 9 uur de eerste stankmeldingen binnen uit diverse plaatsen ten zuid-westen van het Shellterrein. Uiteindelijk is rond 18:00 uur de teller op 36 blijven steken en was de overlast gestopt.

Shell Nederland Raffinaderij, Pernis

Om de integriteit van de pakkingen van een aantal afsluiters bij Shell te borgen moest een aantal afsluiters worden gecontroleerd. Het betrof afsluiters tussen de lokale fakkelleiding en de (hoofd)fakkelringleiding. Gedurende deze werkzaamheden op 18 januari 2009 ontsnapte een gaswolk uit de fakkelleiding. Deze gaswolk verspreidde zich in noordoostelijke richting over het Shell Pernis terrein en uiteindelijk over bewoond gebied. Gevolg was dat 26 meldingen uit Vlaardingen en Schiedam over zwavelstank binnenkwamen bij de DCMR. De flenzen hebben circa 15 minuten open gestaan. Gezien de genomen maatregelen en de resultaten van het onderzoeksrapport naar dit incident is besloten Shell geen vervolgonderzoek te laten doen.

Op 6 november 2009 viel bij Shell een fornuis uit waarbij de Hydro-cracker is gestopt. Hierdoor is onder andere waterstof (H₂) en zwavelwaterstof (H₂S) van een andere unit naar de fakkel gegaan. Door het grote aanbod op de fakkel kon niet voldoende stookgas worden bijgezet waardoor de H₂S niet volledig verbrandde. Uit Vlaardingen kwamen 24 stankmeldingen en uit Hoogvliet 2 meldingen over het lawaai van het razen van de fakkel binnen.

Vopak Terminal Europoort (243 meldingen)

Op 3 januari veroorzaakte Vopak Terminal Europoort 22 stankmeldingen. De meldingen waren afkomstig uit Rotterdam, Maassluis, Vlaardingen, Rozenburg, Berkel & Rodenrijs en Schiedam. Onderzoek van de uitrukdienst wees uit dat het vullen van ruwe olie tanks oorzaak was van de stankmeldingen. Vopak heeft direct de beladingssnelheid aangepast waarna de stankoverlast is gestopt. Uit intern onderzoek van Vopak bleek dat het operationele personeel niet conform de procedure heeft gewerkt ter voorkoming van geurhinder. Voor het niet werken conform de procedure ontving Vopak een handhavingsbrief.

Op 21 februari zijn, na onderzoek van de uitrukdienst, 31 stankmeldingen uit Vlaardingen, Maassluis, Rotterdam en Schiedam toegewezen aan Vopak Europoort. Er is geen duidelijk bron gevonden op het Vopak terrein. Het vermoeden is dat het opvullen van een tank met ruwe olie een oorzaak is geweest. Ten tijde van de overlast was er sprake van stabiele atmosferische omstandigheden. Vopak geeft aan dat het, gezien de activiteiten van Vopak, een bijdrage heeft geleverd aan de overlast, maar sluit niet uit dat ook andere bedrijven een bijdrage hebben geleverd aan deze overlast.

Op 24 februari zijn, na onderzoek door de uitrukdienst, 19 stankmeldingen (waarvan 18 uit Maassluis) toegeschreven aan Vopak Europoort. Het vermoeden is dat het lossen van stookolie in een tank oorzaak is van deze overlast. De atmosferische omstandigheden waren stabiel en er was weinig wind. Wederom ontkent Vopak niet dat zij een bijdrage hebben geleverd aan de overlast maar sluiten zij niet uit dat andere bedrijven ook een bijdrage hebben geleverd aan deze overlast.

Op 18 mei constateerde de uitrukdienst dat het verladen van stookolie en ruwe olie naar schepen, bij Vopak, 17 stankmeldingen uit Maassluis veroorzaakte. Wederom was sprake van stabiele atmosferische omstandigheden. Nadat Vopak de beladingssnelheden verlaagde, stopte de overlast.

Op 17 juni veroorzaakte het laden van het zeeschip de Aegean Harmony stankoverlast. Na onderzoek van de uitrukdienst zijn 46 meldingen uit Maassluis (42), Rozenburg, Maasland en

Vlaardingen toegeschreven aan deze verlading. De Aegean Harmony was leeg en volgens een verklaring van de kapitein was het schip geurvrij gemaakt. Ook de gasmetingen op onder andere zwavelwaterstof (H₂S), die Vopak standaard uitvoert voor aanvang belading, gaven geen indicatie voor de ontstane stankoverlast. Zeer snel na de start van de belading zijn de meldingen ontstaan. In overleg met de meldkamer van de DCMR heeft Vopak de belading gestopt. Nader onderzoek door Vopak heeft uitgewezen dat er nog een zeer geringe hoeveelheid mercaptanen aanwezig was in de tanks van de Aegean Harmony. Mercaptanen komen van nature voor in bepaalde soorten olie en staan bekend om hun stankverwekkende eigenschappen. Naar aanleiding van dit incident voert Vopak ook standaard mercaptaanmetingen uit voor aanvang belading van schepen.

Op 21 september ontvangt de meldkamer van de DCMR 23 meldingen uit Maassluis (20),

Rozenburg en Schiedam over een oliegeur. Door de uitrukdienst zijn de meldingen toegeschreven aan Vopak Europoort. Op dat moment waren er drie stookolie verladingen gaande. Twee verladingen van zeeschepen naar de waltanks en een verlading van een waltank naar een lichter. In overleg met de meldkamer is de verladingssnelheid verlaagd. De meldkamer heeft het vermoeden dat door ongunstige meteorologische omstandigheden de geur van de stookolie verladingen is blijven "hangen" rondom het Vopak terrein.

BP Raffinaderij Rotterdam, Europoort

Op 31 juli viel door kortsluiting de stroom uit op een deel van het elektriciteitsnet van Eneco/Stedin. De raffinaderij van BP in het Europoort gebied kwam daardoor zonder stroom te zitten. De noodgeneratoren van BP kunnen niet voldoende stroom leveren om de raffinaderij draaiend te houden. Daarom is deze gecontroleerd stilgelegd.

Bij het stoppen van een raffinaderij komen gassen vrij die via de fakkels worden verbrand.

Omdat de stoomgenerator ook was uitgevallen, kon BP geen stoom bijzetten, met als gevolg roetende fakkels. Deze fakkels hebben 40 meldingen over visuele hinder en oliestank veroorzaakt. 21 meldingen kwamen uit Hoek van Holland, de rest uit omliggende gemeenten tot aan Westland. BP doet op verzoek van de DCMR nader onderzoek naar het uitvallen van de stoomgenerator. De uitval werd namelijk niet veroorzaakt door de stroomstoring maar door hoge druk. De resultaten van dit onderzoek zijn nog niet bekend.

Cargill, Botlek

Op 25 september 's ochtends ontving de meldkamer 24 stankmeldingen waarbij de lucht werd omschreven als olieachtig, rotte eieren, gasachtig en chemisch. De meldingen kwamen uit Vlaardingen-Oost en Schiedam-Noord. Bij Cargill bleken twee schepen aan het lossen te zijn. Uit het overdrukventiel van de tank waarin vanaf 06:30 ruwe kokosolie werd gelost kwam met vlagen een sterke kokosoliestank. Cargill heeft hierop de lossnelheid gehalveerd. Volgens Cargill hadden losactiviteiten niet eerder tot geuroverlast geleid. Cargill houdt in het vervolg bij vergelijkbare meteo omstandigheden, als onderzoek daar aanleiding toe geeft, op voorhand rekening met lossnelheden.

Tank Services Pernis

Medio januari zijn vanwege het reinigen van een tank waarin de stankverwekkende stof cresol was vervoerd 12 stankmeldingen uit de omgeving van Vlaardingen bij de meldkamer van de DCMR binnengekomen. Het bedrijf is door de DCMR aangeschreven op het overtreden van de voorschriften die betrekking hebben op het voorkomen van geuroverlast waarop het bedrijf organisatorische maatregelen heeft getroffen. Sindsdien kwamen geen meldingen over stankoverlast meer binnen.

ECT (Delta Terminal), Maasvlakte

Vanaf het begin van de avond op 21 februari tot 02.10 uur kwamen vanuit Hoek van Holland en omliggende gemeenten meldingen over een gaslucht binnen op de meldkamer. Om 21.30 uur deed ECT Delta (Maasvlakte) een CIN-melding over een gaslucht afkomstig van een lege container, die gevuld was met mercaptaan, aan boord van een binnenschip. De hulpdiensten gingen ter plaatse en de tankcontainer

werd op de wal geplaatst. Na enige tijd werd geen verhoogde concentratie meer rond de tank gemeten. Omdat een tankdeksel was opengezet, kwamen nog wel enige meldingen uit het gebied. Na overleg met het bedrijf sloot men de deksel en hield de stank uiteindelijk op.

VLS Group Pernis & Pernis Combi Terminal, Vondelingenplaat

De meldkamer ontving op 31 januari, tussen 21:52 en 22:28 uur, in totaal 11 meldingen over geuroverlast van bewoners uit Schiedam. De bewoners omschreven de geur als de stank van olie, asfalt, bitumen en teer. Onderzoek wees uit dat een spoorwegketelwagon met "coal tar" te hoog was verwarmd waarna deze ter afkoeling was opengezet. De onduidelijke werkinstructies zijn door VLS-P aangepast waarna de situatie niet meer is voorgekomen.

Scheepvaart

Vanuit Spijkenisse kwamen op 6 augustus 's avonds laat 48 meldingen binnen met omschrijvingen als aardgas-, zwavel-, uien-, olie- en kattenpislucht. Oorzaak was tanker Renoir die op de Oude Maas dimethyldisulfide en methylnmethacrylaat ontgast. Het schip is door Post Dordrecht van Rijkswaterstaat aangeroepen en heeft het ontgassen gestaakt.

Esso Nederland (Raffinaderij Rotterdam), Botlek

Op 31 januari ontving de meldkamer vanuit het Botlekgebied in totaal 11 stankmeldingen met als hoofdschrijving rotte eierenlucht. Uitsluitingonderzoek door de meldkamer toonde aan dat de meldingen bij de Esso Raffinaderij vandaan kwamen. De geuroverlast verdween nadat Esso extra stookgas op de fakkels had gezet. Na enige tijd is gestopt met extra bijstoken. De meldkamer ontving geen meldingen meer. Directe oorzaak van de overlast is niet duidelijk. Esso heeft na intern onderzoek geen afwijkingen in de procesvoering geconstateerd. Naar aanleiding van het uitgebreide onderzoek door Esso en het niet meer ontstaan van meldingen is besloten geen verder onderzoek te doen.

ATM Moerdijk

Op 2 december trok er tweemaal een zelfde soort stankgolf over het Rijnmondgebied. Tussen 14.00 en 16.00 uur kwamen 57 meldingen binnen, tussen 18:40 en 20.30 116. De meldingen gingen over een gasachtige, rotte eieren- en zwavellucht en kwamen uit Maasdam, Puttershoek, Barendrecht, Rotterdam, Lansingerland, Zoetermeer en Leiden. Ook andere diensten (Brandweer, Eneco, Politie en andere milieudiensten) ontvingen veel meldingen. Op basis van de windrichting werd de bron gezocht nabij het industriegebied van Moerdijk. De uitrukdienst van de meldkamer stelde samen met de Milieudienst West-Brabant en de Brandweer een onderzoek in naar mogelijke oorzaken op het industriegebied. In samenwerking met Rijkswaterstaat is de oorzaak ook gezocht bij schepen in de buurt van Moerdijk. Een oorzaak werd niet direct gevonden. Naar aanleiding van de klachtengolf is een vervolgonderzoek ingesteld door klachtenmedewerkers van de Regionale Milieudienst West-Brabant. Daarbij is gebleken dat het aannemelijk is dat de geur tijdens de klachtengolf is veroorzaakt door Afvalstoffen Terminal Moerdijk (ATM), gelegen aan de Vlasweg te Moerdijk.

VI Bijlage: emissies van grote bedrijven in het Rijnmondgebied (2008)

Emissie overzicht grote bedrijven 2008

versie 2009-1

In onderstaande tabel zijn de emissiewaarden per component per bedrijf weergegeven.
Deze waarden zijn afkomstig uit de milieujarverslagen 2008 van deze bedrijven.

(Chemische) industrie	SO2 [ton/jaar]	NOx [ton/jaar]	kws [ton/jaar]	Totaal stof [ton/jaar]	Fijn stof [ton/jaar]	NH3 [ton/jaar]	CO2 [kton/jaar]	carcinogenen [ton/jaar]
Air Liquide		49.2					27.2	
Akzo Nobel Botlek		242.7	14.4	0.9	0.9		207.2	
Almatis (vh. Alcoa)		226.3		12.7			19.2	
Aluchemie	452.1	207.9	1.1	113	109.2		250.5	
Archer Daniels Midland (ADM)		168.6	2007.2	27.6			200.2	
Cerexagri/Arkema (vh. Atofina)	23	8.8	0.4	0.3	0.3		10.3	
Cabot	440.8	379.2	18	7.9			209.1	
Caldic		0.8	10.5	0.1	0.1		7.9	
Carbon Black NL	612.5	517.7	0.7	30.3			141.7	
Climax Molybdenum	152	5.8				9.6	7.4	
Kemira Polymers Botlek (vh. Cytec)			2.1				0.2	0.3
DOMO (vh. Targor, vh. BASF)		1.9	29.5	0.2			7.2	
DSM Special Products		80.7	28.8	0.7	0.6		118.6	1.1
DSM Resins		5.3	10.9				6.6	
Invista (vh. DuPont)		3	0.3	0.4	0.4		4.8	
Eastman (vh. Vordian)	0.2	16.2	25.2				55.5	1.1
ENCI		9.2		7.6	7.6		11.4	
Exxon aromaten (RAP)	478.3	156.6	144.5	15.1			334.1	23.5
Exxon oxoalcoholen (ROP)		47.7	15.1	0.8			53.6	
Exxon weekmakers (RPP)	0.3	2	13.2	0.3			54.8	0.1
Ferro		62.7	0.9	0.5	0.5		3.8	
Hexion Specialty Chemicals Botlek (vh. Borden)			1.1				5.7	
Hunter Douglas		20.6	43.5	1.2	1.1		14.3	
NU3 (Hydro Agri)		0.3		0.1	0.1		0.7	
Huntsman (voorheen ICI)			76					
Lucite (vh. Ineos Acrylics (vh. ICI))			0.9					
Kemira Chemicals (vh. Europoort)				0.3	0.3		8.9	
Tronox (vh. Kerr McGee (vh. Kemira Pigments))	0.9	22		2.1	0.8		77	
KOG Edible Oils								
Loders Croklaan		2.3	7.9				11.2	0.2
Lyondell Botlek (voorheen Arco)	0.3	52.9	143.5	26			118.6	9.6
Lyondell Europoort (overslaglocatie)								
Lyondell Maasvlakte		5.9	23.6	0.2			12.6	2.6
Micro Chemie						3.8		
Akzo Nobel Base Chem. Eur. (Neste Resins)			6.6				16	
Nufarm			7	0.4				
Organik Kimya								
Quest	0.4	0.6	0.6	0.1	0.1		0.6	0.2
Hexion Pernis (vh. Resolution)	33.9	17	10.6				37.5	0.2
Shin Etsu PVC Pernis			4.3	2.3				3.4
Shin Etsu VCM Botlek		40.1	60.7				87.3	24.1
Shell Nederland Chemie (SNC)	0.8	13.4	274.4	20.3	20.3		34.8	0.2
Tessenderlo Chemie		0.1		1.6		1.2	7	
Totaal Chemie	2195.5	2369.7	2983.5	273	142.3	14.6	2163.5	66.6

Raffinaderijen	SO2 [ton/jaar]	NOx [ton/jaar]	kws [ton/jaar]	Totaal stof [ton/jaar]	Fijn stof [ton/jaar]	NH3 [ton/jaar]	CO2 [kton/jaar]	carcinogenen [ton/jaar]
Esso	3100.6	909.7	2077.5	74.7			2312.2	43.8
Koch (voorheen Eurostill)	5.4	22.2	5.9	0.4	0.4		95.1	
Kuwait Petroleum Europoort (KPE)	1752.5	461.2	376.2	12.3			518.3	0.4
BP (vh. Nerefoo Europoort)	4823	1324.1	912.7	102.3			2130.4	6.7
Shell Nederland Raffinaderij (SNR)	11351.5	4608.2	2635.6	1141.4			5151.9	7.3
Totaal raffinaderijen	21033	7325.4	6007.9	1331.1	0.4	0	10207.9	58.2

Natte bulk	SO2 [ton/jaar]	NOx [ton/jaar]	kws [ton/jaar]	Totaal stof [ton/jaar]	Fijn stof [ton/jaar]	NH3 [ton/jaar]	CO2 [kton/jaar]	carcinogenen [ton/jaar]
Koole (vh. Paktank Chem. Pernis)		0.4	0.1					
LBC (Voorheen Dow Benelux)		4.4	6.6				4.9	0.6
MET			80					
MOT			321.4					
Nerefoo Pernis		0.3	207				0.8	
Odjell (vh. Paktank Botlek)		18.3	1295.5	0.2	0.2		16.9	2
SNR Europoort			282					
SNV (depot Pernis)			81.9					
TEAM			255.7					
TIC (vh. Ned. Benzol Mij.)			31.8					
Vopak Botlek		3.8	175.7				9.8	4.9
Vopak Chemiehaven		0.2	39.2				0.4	5.1
Vopak Europoort		10.3	554.9				15.2	
Vopak TTR			147.1					5.7
Vopak Vlaardingen (o.b.v. Informatie NeA)		7.3					18.3	
Totaal natte bulk	0	45	3478.9	0.2	0.2	0	66.3	18.3

Energie en utilities	SO2 [ton/jaar]	NOx [ton/jaar]	kws [ton/jaar]	Totaal stof [ton/jaar]	Fijn stof [ton/jaar]	NH3 [ton/jaar]	CO2 [kton/jaar]	carcinogenen [ton/jaar]
Air Products Botiek		282.2		0.8	0.8		360.2	
Air Products Pernis		109.2		0.9	0.9		635.3	
E.On Maasvlakte	1315.2	2046.8	27	61.9	61.9		6983.2	0.4
E.On Galileistraat		846.8	9				478.8	
E.On RoCa		366.7	12.5				680.6	
Enecal		52.4					222.5	
Eurogen		528.4					459.9	
Europoort Utility Partners (Air Products Europoort)		75.2					102.5	
PerGen	1.9	245.8	1.4				580.8	
Rijnmond Energie		915.2	33.2				1568.4	
Totaal Energie en utilities	1317.1	5468.7	83.1	63.6	63.6	0	12072.2	0.4

Afvalverbranding	SO2 [ton/jaar]	NOx [ton/jaar]	kws [ton/jaar]	Totaal stof [ton/jaar]	Fijn stof [ton/jaar]	NH3 [ton/jaar]	CO2 [kton/jaar]
AVR Rotterdam	3.1	109	0.7	0.9	0.9	2.8	335.4
AVR Rijnmond	6.3	465.7	2.2	2	2	22.2	1080.2
Totaal afvalverbranding	9.4	574.7	2.9	2.9	2.9	25	1415.6

GROTE BEDRIJVEN	SO2 [ton/jaar]	NOx [ton/jaar]	kws [ton/jaar]	Totaal stof [ton/jaar]	Fijn stof [ton/jaar]	NH3 [ton/jaar]	CO2 [kton/jaar]	carcinogenen [ton/jaar]
Totaal grote industrie	24555.0	15783.5	12556.3	1670.8	209.4	39.6	25925.5	143.5

Droge bulk	SO2 [ton/jaar]	NOx [ton/jaar]	kws [ton/jaar]	Totaal stof [ton/jaar]	Fijn stof [ton/jaar]	NH3 [ton/jaar]	CO2 [kton/jaar]
EECV					143.9		
EMO		241		953	239		
EBS Europoort				144.2	62.7		
EBS Laurens haven				193.2	84		
TOTAAL				1290.4	529.6		

Overige bedrijven	SO2 [ton/jaar]	NOx [ton/jaar]	kws [ton/jaar]	Totaal stof [ton/jaar]	Fijn stof [ton/jaar]	NH3 [ton/jaar]	CO2 [kton/jaar]
Keppel Verolme			16.2	0.4	0.4		0.6
Damen Shiprepair (Rotterdam United Shipyards)				33.8	1.2		
Glasfabriek Schiedam	184.5	291.9		34.1	33.3		63.6
Cargill		7.2					26.1
Farm Frites		8.9					
Asfaltcentrale Rotterdam		2					
Campina		1	0.5			3.4	2.7
Gasunie							
Gasunie LNG		1.3	18.3				1.9
Meneba (o.b.v. meetrappport juni '07)							
Deep Green							
Ferro Spaanse Polder				0.3	0.3		
Helvoet Rubber & Plastic		0.5	2.6				1.3
Biopetrol Rotterdam		0.5					
Van Gansewinkel Vlaardingen		27.6					
Mammoet Schiedam		7.5			0.4		
RWZI Dokhaven		14.6	2.7				
RWZI Kralingseveer	0.1	8.5	1.1				
RWZI Grootte Lucht		5.6	1.4				
RWZI Nwe Waterweg		3.5					
TOTAAL	184.6	380.6	42.8	68.6	35.6	3.4	96.2

Bij enkele bedrijven zijn slechts waarden van 2007 bekend deze zijn in de tabel weergegeven met een gele arcering

Bij enkele bedrijven zijn waarden gebaseerd op informatie van de NeA deze zijn in de tabel weergegeven met een oranje arcering

Bij enkele bedrijven zijn waarden gebaseerd op gasverbruik, deze zijn in de tabel weergegeven met een blauwe arcering

Enkele waarden zijn geclassificeerd als indicatief, deze zijn in de tabel weergegeven met een rode arcering

VII Bijlage: vragenlijst Risico's Luchtgebruik voor BTO waterleidingbedrijven

Robin van Leerdam
December 2009

1. Algemeen

Naam contactpersoon:

Naam waterbedrijf:

Naam productiebedrijf:

Adres productiebedrijf:

2. Vragen over (lucht)zuiveringsproces

Zuiveringsproces

- Geef een korte stapsgewijze beschrijving van het totale zuiveringsproces:

Luchtzuiveringsinstallatie

- Op welke punten wordt lucht ingenomen?
- Geef een beschrijving van de luchtzuiveringsinstallatie; welke luchtbehandelingstechnieken en -materialen worden toegepast?
- Welke componenten worden met de luchtbehandelingstechniek verwijderd (volgens de leverancier)?
- Wordt gemonitord of de gewenste componenten daadwerkelijk verwijderd worden? Zo ja, hoe vaak wordt er gemonitord en wat zijn hier de resultaten van?
- Processen waarin lucht wordt gebruikt – per proces (bijvoorbeeld beluchting, spoellucht voor filters, beademingslucht rein waterkelder):
 - o Hoeveel lucht wordt gebruikt (volume) en/of wat zijn de debieten bij de verschillende lucht gebruikende processen?
 - o Wordt de lucht nog apart gezuiverd bij elke van de lucht gebruikende processen? Zo ja, welk type luchtfilter wordt gebruikt bij elk proces?
 - o Wat zijn de watervolumes en/of waterdebieten van de processen waarbij lucht wordt gebruikt (verhoudingen lucht/water i.p.v. afzonderlijke volumes/debieten mag ook opgegeven worden)?
 - o Wordt de lucht continu of met intervallen gebruikt? Wat is de frequentie en duur van het gebruik?
 - o Op wat voor manier (hoe intensief) komt de lucht in het proces in contact met water?
- Wat is de maximale peilvariatie in de reinwaterkelder? Met andere woorden: hoeveel water is er maximaal en minimaal aanwezig in de reinwaterkelder tijdens een normaal dag/nacht ritme en hoeveel lucht komt er als gevolg daarvan de reinwaterkelder in?

3. Vragen over verontreinigingsbronnen in de buurt

- Welke bronnen van luchtverontreiniging zijn er in de buurt en op welke afstand?
- Wordt dit door het waterleidingbedrijf als een risico ervaren?
- Welke stoffen worden door de verontreinigingsbron uitgestoten en hoeveel? Is er een patroon in de uitstoot, bijvoorbeeld dag-nacht ritme of seizoensgebonden?
- Is er ooit een calamiteit geweest in de buurt m.b.t. luchtverontreiniging waarbij de zuivering betrokken was, of betrokken had moeten worden?

- Is het productiebedrijf opgenomen in een calamiteitenplan dat inwerking treedt bij luchtverontreiniging in de buurt?

4. Beleid en metingen

- Is er door het waterleidingbedrijf ooit een risicoanalyse uitgevoerd m.b.t. luchtgebruik? Zo ja, wat waren de resultaten.
- Wat zijn de richtlijnen op het productiebedrijf bij een calamiteit (luchtverontreiniging in de omgeving)?
- Zijn er wel eens luchtmetingen uitgevoerd door het bedrijf zelf of een andere instantie in de buurt van de locaties? Zo ja, wat waren de resultaten?
- Zijn er op de betreffende locatie luchtmetingen gedaan van de proces- en spoellucht in het verleden (micro-organismen, virussen, fijnstof, radioactiviteit, gassen, vluchtige verbindingen)? Zo ja, resultaten graag als bijlage meesturen.

VIII Bijlage: Henrycoëfficiënten van enkele gassen

Tabel 62. Henrycoëfficiënten van enkele luchtverontreinigende gassen.

Stof	Henrycoëfficiënt 25°C (mol kg ⁻¹ bar ⁻¹)	Henrycoëfficiënt 10°C (mol kg ⁻¹ bar ⁻¹)	Dimensieloze Henrycoëfficiënt 25°C (Clucht/Cwater)	Dimensieloze Henrycoëfficiënt 10°C (Clucht/Cwater)
SO ₂	1,2	2,1	0,034	0,020
NO ₂	0,023	0,33	1,76	0,13
NO	0,019	0,025	2,13	1,70
NH ₃	56	116	0,00072	0,00037
CO	0,00095	0,0012	43	35
O ₃	0,013	0,019	3,11	2,24
H ₂ S	0,10	0,15	0,40	0,28
C ₆ H ₆ (Benzeen)	0,18	0,32	0,22	0,13
C ₆ H ₅ CH ₃ (tolueen)	0,15	0,31	0,27	0,14
HCN	12	29	0,0034	0,0015
naftaleen	2,1	4,0	0,019	0,011
anthraceen	35	71	0,0012	0,00060
HCN	12	29	0,0034	0,0015
HCl	20	99	0,0020	0,00043
ethylbenzeen	0,13	0,32	0,31	0,13
acetaldehyde	14	34	0,0029	0,0013

De Henry-coëfficiënt (H) in mol kg⁻¹ bar⁻¹ is omgerekend in de dimensieloze Henrycoëfficiënt (m)

volgens: $m = 10^5 / (H \cdot R \cdot T \cdot \rho_{H_2O})$

R = gasconstante 8,3145 J K⁻¹ mol⁻¹

T = temperatuur (K)

ρ_{H_2O} = de dichtheid van water (kg/m³)

bronnen:

<http://webbook.nist.gov>

www.epa.gov/athens/learn2model/part-two/onsite/esthenry.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Henry's_law

www.epa.gov/athens/learn2model/part-two/onsite/henryslaw.html

IX Bijlage: concentraties van luchtverontreinigende componenten bij verschillende soorten branden.

Tabel 63. Resultaten van de luchtmetingen van anorganische gasvormige componenten, uitgedrukt als verhouding van de gemeten concentratie ten opzichte van de achtergrondwaarde (Mennen en van Belle, 2007).

Locatie	Afstand	CO	HCN	HCl	Cl ₂	SO ₂	NO _x	NH ₃	H ₂ S
Amsterdam	1 km	1	n.a.	–	–	–	–	–	–
Heerhugowaard	25 m	10	n.a.	n.a.	n.a.	–	–	–	–
Putten	50 m 1-2 km	–	–	50.000 ¹⁾ 2000 ¹⁾	–	–	–	–	–
Schiedam	10 m 80 m	10-30 2-4	n.a. n.a.	–	–	–	–	–	–
Aalsmeer	20 m	20	–	–	–	–	–	–	–
Drachten	20 m	40	50.000	–	–	–	–	–	–
Enschede I brand	50 m ²⁾	20	n.a.	n.a.	–	–	n.a.	n.a.	–
Genemuiden	350 m	1	–	–	–	–	–	–	–
Moerdijk	100 m 200 m	20 5	–	–	–	–	–	–	–
Hasselt	20-100 m	2-5	–	1000-3000	–	–	–	–	–
's Heerenberg	50 m	20-100	2000	–	–	–	–	–	–
Slagharen	30 m 350-1300 m 1800 m	–	2000 n.a. n.a.	n.a. 300-1000 n.a.	n.a. n.a. n.a.	n.a. n.a. n.a.	n.a. n.a. n.a.	n.a. n.a. n.a.	–
Alkmaar	5 m 50 m	1-5 1	–	–	–	–	–	–	–
Wilp	25 m 4 km	10-100 ³⁾ 1	10.000 ³⁾ n.a.	–	n.a. n.a.	–	n.a. n.a.	–	–
Vlaardingen	25-50 m	10-25	5000	–	–	–	n.a.	–	–
Naarden II	10 m	–	10.000 ¹⁾	–	–	–	–	–	–
Assen	100 m > 200 m	n.a. n.a.	(100.000) ⁴⁾ n.a.	–	–	1000 n.a.	n.a. n.a.	–	–
Weesp	30 m 400-2500 m	10 n.a.	(20.000) ⁴⁾ (3000) ⁴⁾	–	–	300 n.a.	20 5	–	–
Zevenaar	30-50 m	–	(3000) ⁴⁾	n.a.	–	100	–	–	–
Enschede II	10 m 1000 m	–	100.000 3000	–	–	n.a. n.a.	250 n.a.	300 n.a.	–
Wormer	200 m 200 m later ⁵⁾	– 5-10	2000 –	–	–	–	– 5	–	–
Botlek brand smeulfase	300 m 150 m	20 60	n.a. n.a.	– –	n.a. n.a.	– –	– –	n.a. –	– –
Son I brand	5 m	20	(4000) ⁴⁾	8000	–	1000	70	–	–
Raamsdonksveer	70 m	n.a.	n.a.	–	–	–	–	–	–
Son II	10 m 400 m	200 n.a.	(30.000) ⁴⁾ n.a.	8000 n.a.	n.a. n.a.	1500 n.a.	–	300 n.a.	–
Brunssum	25 m	–	(40.000) ⁴⁾	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tilburg	65 m	–	(40.000) ⁴⁾	n.a.	n.a.	–	n.a.	n.a.	n.a.
Weert	70 m	60	10.000	–	n.a.	–	–	–	–
Emmeloord	600 m	–	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Haarlem	binnen	5 ⁶⁾	n.a.	n.a.	–	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Leerdam	300 m	–	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Velsen	200 m 2-5 km	10 l.v.	2000 n.a.	n.a. n.a.	n.a. n.a.	300 l.v.	l.v. l.v.	n.a. n.a.	n.a. n.a.

- = niet gemeten
n.a. = wel gemeten, maar niet aangetoond boven de detectielimiet
l.v. = licht verhoogd

1) Meetresultaten van de brandweer.

2) Afstand van de meetlocatie tot de rand van de brandhaard. De afstand tot de voormalige vuurwerkopslagplaats bedroeg ongeveer 300 m.

3) HCN is uitsluitend gemeten op 25 m in de fase dat de pluimstijging gering was en de rookpluim zich bijna horizontaal verspreidde. In die fase werden ook de hoogste CO-concentraties gemeten. In de beginfase, toen de rookpluim meer omhoog steeg, werd geen HCN aangetoond op 25 m (detectielimiet: 1 ppm) en was de CO-concentratie circa tienmaal de achtergrondwaarde.

4) Het signaal van de HCN-sensor is mogelijk een gevolg van kruisinterferentie door waterdamp of SO₂.

5) Resultaten van de aanvullende monitoring activiteiten, een dag na de MOD-inzet.

6) Alleen in de ruimte waar de brand woedde is CO aangetoond, in de andere ruimtes van het gebouw niet.

Tabel 64. Resultaten van de luchtmetingen van organische gasvormige componenten, uitgedrukt als verhouding van de gemeten concentratie ten opzichte van de achtergrondwaarde (Mennen en van Belle, 2007).

Locatie	Afstand	B	T	E	X	S	N	Ar	Al	Opmerkingen
Amsterdam	1 km	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Heerhugowaard	25 m	10	10	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
Schiedam	5 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	n.a.	l.v.	l.v.	2-methylfuran en furan
Waalwijk	150 m - 2 km	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	n.a.	l.v.	l.v.	
Aalsmeer	10 m	150	30	70	50	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Drachten	20 m	1000	200	l.v.	l.v.	3000	300	l.v.	l.v.	
Enschede <i>I brand</i>	50 m ¹⁾	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
<i>nafase</i>	In rampgebied	10 ²⁾	10 ²⁾	10 ²⁾	l.v. ²⁾	10 ²⁾	l.v. ²⁾	l.v. ²⁾	20 ²⁾	
Genemuiden	350 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
AVR Rijnmond	200 m	200	50	100	l.v.	500	30	20	20	Tetra: 200
Moerdijk	200 m	20	10	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
's Heerenberg	50 m	150	25	50	l.v.	400	100	20	10	
Slagharen	30 m	60	40	30	l.v.	80	60	30	100	
	1800 m	20	20	20	l.v.	l.v.	l.v.	20	20	
Alkmaar	5 en 50 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
Wilp	25 m	10	8	10	l.v.	30	l.v.	30	15	
	4 km	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
Vlaardingen	25-50 m	100	5	10	20	20	300	5	l.v.	
Maasvlakte	50 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
Naarden <i>II</i>	100 m hoogte ³⁾	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
Barneveld	10 m	40	30	l.v.	50	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
Montfoort	5 m	200	30	100	100	400	1000	100	25	
	50 m	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Assen	100 m	300	70	25	70	200	700	60	10	
	200-1000 m	25	10	5	10	30	60	10	l.v.	
Weesp	400 m	40	10	40	10	50	100	l.v.	l.v.	
Zevenaar	30 m	10	l.v.	l.v.	l.v.	10	l.v.	l.v.	l.v.	
Enschede <i>II</i>	10 m	2000	400	500	250	15000	l.v.	40	l.v.	
	800-1000 m ⁴⁾	30	5	l.v.	10	100	n.a.	l.v.	n.a.	
Wormer	25 m	250	80	50	10	25	l.v.	10	500	Caffeïne
	200 m ⁵⁾	100	40	25	10	100	5	l.v.	150	
	350 - 800 m ⁵⁾	10	20	5	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	50	
Botlek <i>materiaal</i>	0 m ⁶⁾	300	200	100	200	200	300	100	50	
<i>brand</i>	100 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
<i>smeulfase</i>	300 m - 8,6 km	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Den Haag	200 m	200	15	l.v.	l.v.	5	5	l.v.	40	
	700-1200 m	30	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
Eerbeek	10 m	200	50	100	10	500	l.v.	30	5	Furanen: 1000 ⁷⁾
	75-150 m	60	25	30	10	100	l.v.	5	5	
	> 200 m	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Son <i>I brand</i>	5 m	3000	50	600	10	20000	1000	50	70	Gechl. Ar.: 20 ⁸⁾ 1,3-btd: 10000 ⁸⁾
	300-3000 m	30	50	30	20	200	50	10	100	Gechl. Ar.: 50 ⁸⁾
<i>smeulfase</i>	300 m	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Raamsdonksveer	70 m	70	5	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
	1000-4500 m	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

Locatie	Afstand	B	T	E	X	S	N	Ar	Al	Opmerkingen
Best	70 m ¹²⁾	100	10	10	5	100	200	n.a.	5	
	250 m	10	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	n.a.	l.v.	
Son II	10 m	2000	300	900	100	15000	2500	25	80	chloorm: 20000 ⁸⁾ 1,3-btd: 10000 ⁸⁾ chloorm: 3000 ⁸⁾ 1,3-btd: 1000 ⁸⁾
	30 m	500	40	200	20	3500	500	5	20	
	400 m	60	10	25	5	400	40	l.v.	l.v.	
	1700 m	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Pijnacker	50-3400 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	
Brunssum	25 m	100	10	50	10	800	5	l.v.	l.v.	
Emmercomp.	25-100 m	10	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	Dibutylfitaat
Harderwijk	10 m	400	60	250	20	5000	800	40	60	
	150 m	25	5	20	5	200	30	l.v.	10	
	1200 m	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Scheveningen	150 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	100	40	l.v.	l.v.	
	300-4000 m	n.a.	l.v.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Tilburg	65 m	n.a.	l.v.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	10 ⁹⁾	
Weert	10 m	2000	150	800	10	5000	200	40	10	Alkenen, furanen, aldehyden, nitrillen en methylstyreen
	70 m	200	30	150	5	500	200	10	l.v.	
Emmeloord	25 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	400	l.v.	l.v.	l.v.	
	600-1200 m	n.a.	l.v.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Haarlem	Laagste ¹⁰⁾	25	l.v.	l.v.	l.v.	50	50	l.v.	l.v.	Dichlrm.: 500.000 ¹⁰⁾
	Hoogste ¹⁰⁾	350	10	10	5	300	500	10	10	Dichlrm.: 30.000 ¹⁰⁾
Leerdam	25 m	500	50	25	25	200	n.a.	40	500	Ketonen, alkenen, furanen en alcoholen
	300 m	10	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	n.a.	l.v.	l.v.	
Velsen	200 m	100	10	l.v.	5	n.a.	100	l.v.	10	
	2000 m	25	l.v.	l.v.	l.v.	n.a.	5	n.a.	n.a.	
	5000 m	l.v.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
Helmond	100 m	10	10	5	10	n.a.	n.a.	l.v.	l.v.	
	500 m	n.a.	l.v.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

- = niet gemeten
n.a. = wel gemeten, maar niet aangetoond boven de detectielimiet
l.v. = licht verhoogd

Afkortingen: Benzeen (B), toluen (T), ethylbenzeen (E), xylenen (X), styreen (S), naftaleen (N), niet-gehalogeneerde aromatische verbindingen (Ar) en niet-gehalogeneerde alifatische verbindingen zoals alkanen, cyclische alkanen en alkenen (Al).

- 1) Afstand van de meetlocatie tot de rand van de brandhaard. De afstand tot de voormalige vuurwerkopslagplaats bedroeg ongeveer 300 m.
- 2) De verhoogde concentraties VOC's zijn waarschijnlijk vooral het gevolg van de emissies uit aanwezige machines en voertuigen, die werden gebruikt bij de sloop- en opruimwerkzaamheden.
- 3) De monsters zijn genomen vanuit een heliocopter, in de stijgende rookpluim genomen op 100 m hoogte. De VOC-concentraties op leefniveau in de omgeving waren niet verhoogd.
- 4) Op grotere afstand dan 1000 m waren de VOC-concentraties niet meer verhoogd.
- 5) Gemeten tijdens de smeulfase van de brand. Er zijn ook metingen gedaan tijdens de fase van uitlaande brand. De concentraties waren toen 5 tot 10 keer (voor de alifaten zelfs 50 keer) zo laag.
- 6) Luchtmonster genomen vlak boven een partij brandend materiaal uit de silo (soort emissiemeting). Een head space analyse van een monster niet verbrande houtpulp wees uit dat een deel van deze stoffen, vooral aromaten, aldehyden en ketonen voorkomen in de pulp.
- 7) In de luchtmonsters nabij de brand zijn furan en 2-methylfuran aangetoond. Deze stoffen komen voor in houtproducten, waaronder papier. De gegeven factor is gebaseerd op een geschat achtergrondniveau voor furanen in de buitenlucht van (maximaal) $0,1 \mu\text{g m}^{-3}$.
- 8) In de luchtmonsters nabij de branden in Son zijn 1,3-butadien en enkele chloorkoolwaterstoffen aangetoond. 1,3-Butadien is een bestanddeel van synthetische rubber. De chloorkoolwaterstoffen kunnen worden gevormd uit chloorhoudende materialen zoals PVC. Bij deze branden zijn ook HCl en dioxinen gevormd. De gegeven factor voor 1,3-butadien is gebaseerd op een geschat achtergrondniveau in de buitenlucht van (maximaal) $0,1 \mu\text{g m}^{-3}$.
- 9) Dicht bij de brandhaard zijn hoge concentraties lineaire, vertakte en cyclische alkanen gemeten. Deze stoffen lagen ook opgeslagen in het bedrijf (oplosmiddelen en dergelijke).

10) VOC's zijn in diverse ruimtes van de fabriek gemeten, zowel de ruimte waar de brand had gewoed als aanliggende ruimtes. De vermelde hoogste en laagste waarden geven een indicatie van de concentraties die in de verschillende ruimtes zijn gemeten. De hoge concentraties dichloormethaan zijn te verklaren doordat dit oplosmiddel in grote hoeveelheden lag opgeslagen in het bedrijf. Daarnaast zijn veel aldehyden gevonden.

Tabel 65. Resultaten van de luchtmetingen van aldehyden, uitgedrukt als verhouding van de gemeten concentratie ten opzichte van de achtergrondwaarde.

Locatie	Afstand	Form-aldehyde	Acet-aldehyde	Acroleïne	Aceton	Overige aldehyden
Botlek materiaal	0 m ¹⁾	200	500	500	–	100-1000 ¹⁾
brand	100 m	10-20	10-20	10-20	–	10-20
smeulfase	300 m – 8,6 km	l.v.	l.v.	l.v.	–	l.v.
Emmeloord	25 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.
	600-1200 m	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.	l.v.
Haarlem	Laagste ²⁾	2000	1000	4000	–	1000-20.000 ²⁾
	Hoogste ²⁾	500	200	1000	–	100-5000 ²⁾
Leerdam	25 m	500	500	1000	–	2000
	300 m	3	3	3	–	10
Velsen	200 m	20	10	25	20	40
	2000 m	3	2	3	3	5
	5000 m	1	1	1	1	1

– = niet gemeten

n.a. = wel gemeten, maar niet aangetoond boven de detectielimiet

l.v. = licht verhoogd

1) Luchtmonster genomen vlak boven een partij brandend materiaal uit de silo. Naast formaldehyde en acetaldehyde zijn ook acroleïne, propionaldehyde, butyraldehyde, hexanal, aceton, furanen en pinenen aangetoond. Een head space analyse van een monster niet verbrande houtpulp wees uit dat de in het luchtmonster aangetoonde verbindingen ook voorkomen in de pulp. Alleen acroleïne werd niet in de houtpulp teruggevonden. Deze stof is waarschijnlijk gevormd door verbranding van aldehyden en andere koolwaterstoffen. Van propionaldehyde en butyraldehyde is de achtergrondwaarde niet goed bekend. De gegeven factoren voor de overige aldehyden zijn gebaseerd op een geschat achtergrondniveau in de buitenlucht van (maximaal) 0,1 µg m⁻³.

2) Aldehyden zijn in diverse ruimtes van de fabriek gemeten, zowel de ruimte waar de brand had gewoed als aanliggende ruimtes. De vermelde hoogste en laagste waarden geven een indicatie van de concentraties die in de verschillende ruimtes zijn gemeten. De overige aldehyden zijn onder meer propionaldehyde en butyraldehyde. Naast de aldehyden zijn ook nog alcoholen, ketonen, ethers en furanen gevonden.

Tabel 66. Resultaten van de luchtmetingen van stofvormige componenten, uitgedrukt als verhouding van de gemeten concentratie ten opzichte van de achtergrondwaarde.

Locatie	Afstand	Fijn stof	Elementen	PAK's	B(a)P	Dioxinen en andere componenten
Amsterdam	1 km	4	–	–	–	–
Heerhugowaard	25 m	15-50	Ni, Pb, Sb, Sn, Ti: 10-50 Ba, Cu, Cr, Zn: 3-5	25-50	160-300	500-1500
Schiedam	70 m	10-35	Metalen: n.a. C: 60%; N: 4%, S: <1,5% ¹⁾	10	30	Diverse organische componenten ¹⁾
Waalwijk	7 km	4-8	n.a.	–	–	–
Aalsmeer	10 m	40	Pb: 200 Ba, Sn, Zn: 20-50	350	4000	–
Drachten	20 m	180	Ba, Cd, Cu, Pb, Sn, Zn: 100-1000	10-100	50-200	50.000 PCB's: 5 ²⁾
Enschede I brand	50 m ³⁾	40	Sn, Zn, Pb: 100-500 Ba, Cd, Cu, Sr, Ti: 10-50; Al, Cr: 5	<3-5	5-10	–
Naarden I	250 m	– ⁴⁾	n.a.	–	–	–
Genennuiden	350 m	– ⁴⁾	n.a.	<3	<10	–
AVR Rijnmond	200 m	30	Cd, Pb, Sb, Sn, Zn: 50-300 Cu, Ti: 5-10	60 ⁵⁾	270	1000
Moerdijk	200 m	20	Pb, Zn: 100-1000 As, Cd, Cu, Ti: 10-50	10 ⁵⁾	25	–
Hasselt	50 m	– ⁴⁾	Pb, Zn: 3	–	–	250
's Heerenberg	50 m	– ⁴⁾	Ni, Pb, Sn, Zn: 100-1000 Ba, Cd, Cr, Cu: 10-50	800 ⁵⁾	1800	50.000
Slagharen	30 m 1800 m	15 3	Pb: 100; Zn: 25; Cu: 10 Pb, Zn: 10; Cu: 3	55 ⁵⁾ 4 ⁵⁾	200 20	4500 60
Alkmaar	50 m	7	n.a.	25	–	Alkanen en ftalaten
Wilp	25 m ⁶⁾	60	Ba, Ti: 40 Al, Ca, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn: 3-20	15	120	70
Vlaardingen	100 m	10-50	Sb: 1000; As, Cu, Ni, Zn: 100-300 Al, Ca, Cd, Cr, Pb, Sn: 10-50	100	200	1500
Maasvlakte	50 m	5	Cr, Ni: 20-50 Al, Fe, Mn, Pb, Sr, Ti: 5-10	1 ⁵⁾	1	–
Kampen	25 m	60	Mn, Pb, Ti: 10-20; Ni: 50 Br, Zn: 200-300	65	300	–
Barneveld	10 m	4	Cd, Ni: 10-20	5	10	–
Montfoort	5 m 50 m	200 30	Br: 1000; Cd, Ni, Zn: 100-300 Ba, Cu, Pb, Ti: 10-20 Br, Ni, Sn: 20-50	1200 25	1500 70	niet verhoogd
Assen	100 m 200 m 1000 m	100 15 3	Br: 1000; Zn: 100; Cu, Pb, S: 10 ⁷⁾ Br: 200; Zn: 50; S: 3 ⁷⁾ Br, Zn: 10-30	800 60 10	3500 300 50	100 n.a. niet verhoogd
Weesp	400 m	10	Br, Ni, Zn: 20-50 Pb, Ti: 10-20	50	250	150
Zevenaar	30m	6	Br: 1000 Cu, Pb, Ti, Zn: 10-20	25	100	1000
Enschede II	10 m 800-1000 m 2000 m	– ⁴⁾	Cd: 500; Ni, Zn: 50-100 Cr 20; Cu, Pb: 5; S: 3 ⁷⁾ Ni, Cd: 50; Zn: 5 Ni: 10	1000 20 10	10.000 70 5	niet verhoogd niet verhoogd niet verhoogd

Locatie	Afstand	Fijn stof	Elementen	PAK's	B(a)P	Dioxinen en andere componenten
Wormer	200 m	30-50	Cr, Ni: 20-50 Cu, Pb, Ti, Zn: 5	100	300	–
Botlek <i>smeulfase</i>	100 m	5	Cr, Zn: 50 Ba, Ni, Pb, Ti: 10-20	–	–	–
Eerbeek	75 m	8	Ca: 30; Cr, Ni, Ti: 5-10	50	100	50
Son I brand	5 m	200	As, Br, Pb, Sb, Sn: 500-1000 Cu, Ti, Zn: 50-100; Al, Ca: 10-20 Pb, Zn: 10-20	700	2000	13.000
	2300 m		Pb, Zn: 10-20	10	25	600
	<i>smeulfase</i> 350 m		Sn: 200; Pb, Zn: 5-10	15	50	700
Lutjewinkel	250 m	5	Sn: 100; Sb, Pb, Zn: 20-50	10	30	–
Raamsdonksveer	70 m	40	Br, Cd, Sb: 300-1000 Pb, Ti, Zn: 50-100; Ca, Cu: 20-30	85	200	900
	1700 m	3	niet verhoogd	1	1	< 25
Best	70 m	40	As, Br, Sn: 500-1000 Cd, Cu, Pb, Ni, Sb: 100-200 Zn: 50; Ca, Ti: 10	750	7500	–
	250 m	10	Br, Sn: 100; Pb, Ni: 30-50 Cu, Zn: 10-20	200	1600	–
Son II	10-30 m	80-500	Br, Cd, Ni, Pb, Sb, Sn: 100-1000 Al, Ca, Cu, Ti, Zn: 50-200		3000 ⁸⁾	sterk verhoogd ⁸⁾
	400 m	20	Ni, Sb, Sn: 50; Br, Pb: 20-30 Ca, Cu, Ti, Zn: 10		100 ⁸⁾	licht verhoogd ⁸⁾
	1700 m	4	Sb, Ni: 50		1 ⁸⁾	niet verhoogd ⁸⁾
Pijnacker	50 m	2	n.a.	10	10	–
	3400 m	1	n.a.	1	1	–
Brunssum	25 m	8	Ni, Sn: 50-100; Al, Ca, Zn: 5	8	7	–
Emmercomp.	25 m	2	Cd, Ni, Sn, Sb 50-100 Ba, Pb: 5-10	15	25	–
	100 m	1	Ni: 25	5	1	–
Harderwijk	10 m	60	Cd: 500; Br, Pb, Sb, Sn: 50-100 Al, Ca, Cu, Ti, Zn: 10-20	350	1300	3500
	150 m	3	Al, Pb, Ti: 10	10	10	50
Scheveningen	150 m	80	Sb: 1000; Ba, Cu, Zn: 50-100 Cd, Fe, Pb: 10-20	100	500	1000
	300 m	10	Cd, Sb: 100; Zn: 10	60	100	500
Tilburg	65 m	2	Sb: 100; Ba, Sb: 10	2	3	–
Weert	70 m	20	Br: 500; Sb: 50; Ba, Pb, Ti, Zn: 10	100	800	–
Emmeloord	600 m	–	–	1	–	–
Leerdam	300 m	2	Ba, Br, Ca, Cr, Mn, Ti: 10-30 Cu, Pb: 5	20	60	–
	700 m	3	Ca, Cr: 5	3	8	–
Velsen	200 m	60	Br, Cd, Cu, Sb, Sn, Zn: 100-500 As, Pb: 50; Al, Ba, Ca, Ti: 5-20	200	900	900
	2000 m	4	Ba, Br, Cu, Pb, Sb, Zn: 10-50 Al, Ca, Ti: 5	50	300	300
	5000 m	1	niet verhoogd	1	3	10
Helmond	100 m	5	Mg: 300	3	5	–

– = niet gemeten

n.a. = wel gemeten, maar niet aangetoond boven de detectielimiet

1) Het bemonsterde stoffilter is kwantitatief geanalyseerd op het gehalte aan koolstof, stikstof en zwavel en kwalitatief op organische componenten. Het gehalte aan koolstof (C), stikstof (N) en zwavel (S) is uitgedrukt als percentage van de *totale massa aan stofdeeltjes*, niet ten opzichte van de achtergrondconcentratie. Als organische componenten werden aangetoond alkaanzuren, alkaan- en alkeennitrillen, cafeïne en esters van vetzuren.

2) Bepaald op grond van de gemeten concentraties van 7 indicator PCB's, namelijk PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 en PCB180.

3) Afstand van de meetlocatie tot de rand van de brandhaard. De afstand tot de voormalige vuurwerkopslagplaats bedroeg ongeveer 300 m.

4) Er zijn wel stofdeeltjes bemonsterd, maar de massa van het filter is na de bemonstering niet bepaald. Hierdoor kan de concentratie aan bemonsterde stofdeeltjes niet worden berekend.

- 5) Berekend op basis van stofgebonden PAK's (er zijn geen PUF's bemonsterd of geanalyseerd).
- 6) Gegeven zijn de waarden die zijn gemeten op 25 m in de fase dat de rookpluim zich bijna horizontaal verspreidde. In de beginfase, toen de rookpluim sterk steeg, werden veel lagere concentraties gevonden.
- 7) De factor geeft de verhoging aan totaal zwavel weer ten opzichte van de achtergrondconcentratie aan totaal zwavel. Echter, de achtergrondwaarde wordt vooral bepaald door anorganische verbindingen (sulfaten, sulfides), terwijl bij deze brand waarschijnlijk vooral organische zwavelverbindingen zijn gevormd, afkomstig van de verbranding en ontleding van het ge vulkaniseerde rubber.
- 8) De luchtstofmonsters zijn vanwege technisch-analytische problemen niet geanalyseerd op PAK's, maar uitsluitend op benz(a)pyreen dat als indicator voor PAK's wordt gebruikt. Ook zijn de filters niet geanalyseerd op dioxinen. De kwalitatieve indicatie in de tabel is gebaseerd op de hoogte van de chloorgehalten in de monsters, gemeten met XRF.

X Bijlage: analyses van veegmonsters

Tabel 67. Analyse van veegmonsters benedenwinds van branden. Legenda:

- 0 = niet of nauwelijks verhoogd (minder dan een factor 3)
 + = licht verhoogd (tot ongeveer een factor 10)
 ++ = verhoogd (tot ongeveer een factor 100)
 +++ = sterk verhoogd (meer dan een factor 100)

Locatie	Afstand	Elementen	PAK's	Dioxinen
Putten	400 m	Alle: 0	0	0
Aalsmeer	50-100 m	-	++	-
Enschede	< 400 m	Pb: ++; Ba, Cd, Cu, Sr, Ti, Zn: +	-	-
	400-1000 m	Ba, Cu, Pb, Sr, Ti, Zn: ++ Cd, Mn, Ni, Sb: +	-	-
	1-5 km	Ba, Cu, Pb, Sr, Ti, Zn: ++; Mn, Ni: +	-	-
Naarden I	250-400 m	Sn, Pb: 0 ¹⁾	-	-
Beverwijk	5 m	Cu, Pb, Ti: +++ ²⁾ Ba, Cr, Sb, Sn, Zn: ++ ²⁾ Cd: + ²⁾	+ ²⁾	++ ^{2,3)}
Hasselt	100-200 m	-	-	+
	1000 m	-	-	0
's Heerenberg	300-400 m	Pb: ++; Cu, Ni, Zn: +	+	+
	400-800 m	Alle: 0	0	0
Slagharen	30 m	Cu, Pb, Zn: +	+	-
	1800 m	Alle: 0	0	-
IJsselmuiden	1100 m	Alle: 0	+ ⁴⁾	0
Vlaardingen	30-300 m	Alle: 0	0	-
Lichtenvoorde	10 m	Al, Ca, Ni, Ti, Zn: +	-	0
	250-1100 m	Alle: 0	-	0
Joure	600 m	Alle: 0	+	-
	1100 m	Alle: 0	0	-
Kampen	1,5-11 km	Alle: 0	0	-
Naarden II	1,1 en 5 km	Alle: 0	0	-
Barneveld	300 m	Alle: 0	+	-
	750 m	Alle: 0	0	-
Montfoort	25 m	Zn: +	-	-
Assen	100 m	Br, S, Zn: +	++	-
	1000 m	Alle: 0 ⁵⁾	+ ⁵⁾	-
	1500 m	S, Zn: (+) ⁵⁾	++ ⁵⁾	-
Weesp	400 m	Ba, Cu, Fe, Ni, Pb, Ti: +	++	-
	2500 m	Alle: 0	+	-
Zevenaar	10-50 m	S, Zn: +	+	-
Enschede	800-1000 m	Zn: +	0	-
	2000 m	Alle: 0	0	-
Kerkrade	3000 m	Alle: 0	0	-
Eerbeek	450-850 m	Alle: 0	0	0
Klundert	750-5800 m	-	0	-
Lutjewinkel	30 m	Fe, Pb: +	+	-
	250 m	Alle: 0	0	-
Raamsdonksveer	350	Alle: 0	+	-
	70-1700 m	Alle: 0	0	-
Best	70 m	Ti, Zn: +	-	-
	200-300 m	Fe, Pb, Ti, Zn: +	-	-
Son II	30 m	Alle: 0	++ ⁶⁾	(+) ⁶⁾
	400 m	Alle: 0	+ ⁶⁾	0 ⁶⁾
	1700-2200 m	Alle: 0	0 ⁶⁾	0 ⁶⁾

Locatie	Afstand	Elementen	PAK's	Dioxinen
Middelharnis	100 m-20 km	Alle: 0	-	-
Pijnacker	3400 m	Alle: 0	0	-
Brunssum	25-100 m	Fe, Pb, Sn: +	0	-
	600 m	Cr, Fe, Zn: +	0	-
	900 m	Fe: +	+ ⁷⁾	-
Emmercomp.	25-100 m	Cd, Cu, Sb, Zn: +	++	-
	200-6000 m	Alle: 0	0	-
Harderwijk	150 m	-	0	0
Scheveningen	300 m	Alle: 0	+	-
Tilburg	4400-6200 m	Alle: 0	0	-
Weert	100-650 m	Alle: 0	+	-
Emmeloord	25 m	Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn: +	+	-
	600-1200 m	Alle: 0	0	-
Haarlem	binnen	Alle: 0	-	-
Leerdam	25 m	Fe: +	++	-
	300 m	Alle: 0	+	-
	500-800 m	Alle: 0	0	-
Velsen	200 m	Br, S, Ti, Zn: +	-	-
	2 - 15 km	Alle: 0	0	-
Helmond	100-500 m	Al, Cu, Fe, Mg., Mn, Ni, Pb, Sr: + ⁸⁾	+	-
	3000 m	Alle: 0	0	-

- = niet gemeten

- 1) Het bemonsterde stof is uitsluitend geanalyseerd op lood en tin, omdat dit de enige metalen waren die bij de brand in de schoorsteen van het bedrijf zouden kunnen zijn geëmitteerd.
- 2) De berekende deposities hebben betrekking op de twee veegmonsters die zijn genomen van een tijdens de brand gebruikt brandweerpak (zie noot 5 van Tabel 2.3). In de veegmonsters van de wanden van de verbrande transformator zijn dezelfde componenten aangetroffen, maar daar is geen depositie uit te berekenen.
- 3) De veegmonsters bevatten ook PCB's. De achtergronddepositie aan PCB's is echter niet goed bekend. Hierdoor valt de mate van verhoging niet te kwantificeren.
- 4) De verhoging betreft uitsluitend de PAK's fluorantheen, fenantheen en pyreen. Waarschijnlijk is deze verhoging niet gerelateerd aan de brand. De verhoudingen tussen de gehalten aan verschillende PAK's wijkt namelijk sterk af van die welke normaliter bij branden wordt gevonden.
- 5) In het veegmonster dat op 1500 m van de bron is genomen, waren de gehalten aan PAK's zwavel en zink hoger dan in het veegmonster op 1000 m. Dit zou kunnen zijn veroorzaakt, doordat de rookpluim in de beginfase van de brand op 1500 m van de bron en verder de grond raakte, waardoor daar relatief meer stofdeeltjes, afkomstig van de brand, zijn gedeponereerd.
- 6) De veegmonsters zijn vanwege technisch-analytische problemen niet geanalyseerd op PAK's, maar uitsluitend op benz(a)pyreen dat als indicator voor PAK's wordt gebruikt. De factoren zijn berekend op basis van het benz(a)pyreengehalte in het veegstof. Op basis van de gemeten chloorgehalten in de veegmonsters is geconcludeerd dat de depositie aan dioxinen niet of nauwelijks verhoogd is.
- 7) De hoogste depositie aan PAK's is gemeten op de locatie die het verst van de brand lag (900 m). Vermoedelijk is die depositie door iets anders veroorzaakt dan door de brand.
- 8) Het gedeponeerde stof dat met een kwastje en schepje bijeen is geveegd (zie Tabel 2.3) bestond voor 40% uit magnesium en bevatte daarnaast één tot enkele procenten aluminium, ijzer, silicium, koper en strontium.

XI Bijlage: achtergrondconcentratie in de lucht in Nederland

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de achtergrondconcentraties van verontreinigende componenten in de lucht. Deze achtergrondwaarden zijn afgeleid uit gegevens van diverse bronnen, namelijk:

- het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit;
- diverse kortdurende en middellange meetcampagnes gedaan in het kader van bepaalde studies;
- literatuurgegevens.

In het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit worden op meerdere locaties in het land continu concentraties in de lucht gemeten van CO, NO_x, SO₂ en NH₃, ruim 40 VOC's (waaronder benzeen, toluen en andere aromaten, alkanen, fenol en een aantal gechloreerde alifaten en aromaten), fijnstof (PM₁₀) en de metalen lood, arseen, zink en cadmium. De locaties in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit zijn ingedeeld in regionale meetstations, stadsachtergrondstations en straatstations. Als achtergrondwaarden voor deze studie is gekozen voor de gemiddelde concentratie op stadsachtergrondstations of, als die niet beschikbaar is, de gemiddelde concentratie op regionale meetstations. De meeste van de onderzochte branden lagen namelijk in stedelijk-industrieel gebied. Achtergrondwaarden vertonen een zekere ruimtelijke variatie. Gemiddeld is de luchtkwaliteit in bijvoorbeeld de Randstad slechter dan in het noordoosten van het land. Ook de jaargemiddelde concentraties kunnen van jaar tot jaar enigszins verschillen, vooral door de effecten van meteorologische omstandigheden. Daarom zijn gemiddeld berekend over zo veel mogelijk meetstations en over 3 jaren, namelijk 2000 tot en met 2002.

De luchtconcentraties van HCN, HCl, Cl₂, bepaalde VOC's (onder meer aldehyden en ketonen), PAK's, dioxinen en de meeste zware metalen en andere elementen worden niet systematisch gemeten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Hun achtergrondconcentraties zijn daarom berekend op basis van meetgegevens uit diverse, meestal kortdurende onderzoeken en op basis van literatuurgegevens.

In Tabel 68 staan de achtergrondconcentraties van gasvormige componenten in lucht. Voor wat betreft de vluchtige organische componenten is van elke component, die in deze tabel afzonderlijk is genoemd, de achtergrondwaarde gegeven. De overige VOC's zijn gegroepeerd naar hun aard. Van deze groepen is de totale achtergrondconcentratie (somwaarde) van de afzonderlijke componenten gegeven. Voor stofdeeltjes en stofgebonden componenten (elementen, PAK's en dioxinen) zijn de waarden gegeven in Tabel 69.

Tabel 68. Achtergrondwaarden van gasvormige componenten in lucht ($\mu\text{g m}^{-3}$).

Component	Achtergrondwaarde	Component	Achtergrondwaarde
<i>Anorganisch</i>		<i>Organisch</i>	
CO (koolmonoxide)	500	Benzeen	1
HCN (blauwzuur)	0,1	Tolueen	4
HCl (zoutzuur)	0,5	Ethylbenzeen	1
Cl ₂ (chloorgas)	0,3	Xylenen (som)	3
SO ₂ (zwaveldioxide)	4	Styreen	0,2
NO (stikstofoxide)	15	Naftaleen	0,1
NO ₂ (stikstofdioxide)	25	Niet-gechloreerde aromaten ¹⁾	3
NH ₃ (ammoniak)	5	Alkanen	2,5
		Gechloreerde aromaten	0,1
		Gechloreerde alifaten	2
		Tetra	0,5
		Formaldehyde	2,5
		Acetaldehyde	2
		Acroleïne	0,25
		Overige aldehyden	0,1
		Furanen	0,1
		1,3-Butadieen	0,1

¹⁾ Exclusief benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen.

Tabel 69. Achtergrondwaarden van stofvormige componenten in lucht.

Component	Achtergrondwaarde ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Component	Achtergrondwaarde (ng m^{-3})
Fijn stof (PM ₁₀)	30	PAK's ¹⁾	
<i>Elementen</i>	(ng m^{-3})	naftaleen	60
Al (aluminium)	250	acenaftyleen	20
As (arsen)	0,5	acenafteen	2
Ba (barium)	20	fluoreen	15
Br (broom)	5	fenanthreen	30
Ca (calcium)	1000	anthraceen	2
Cd (cadmium)	0,5	fluorantheen	15
Co (kobalt)	0,5	pyreen	7
Cr (chroom)	5 ²⁾	benzo(a)anthraceen	0,7
Cu (koper)	40	chryseen	1,5
Fe (ijzer)	1000	benzo(b)fluorantheen	1
K (kalium)	400	benzo(k)fluorantheen	0,6
Mg (magnesium)	200	benzo(a)pyreen	0,6
Mn (mangaan)	20	dibenzo(ah)anthraceen	0,2
Mo (molybdeen)	0,5	benzo(ghi)peryleen	0,7
Ni (nikkel)	5	indeno(1,2,3,-cd)pyreen	0,5
Pb (lood)	25	Totaal PAK's ¹⁾	155
Sb (antimoon)	3		
Sn (tin)	2		
Sr (strontium)	3		(fg TEQ m^{-3})
Ti (titanium)	20	Dioxinen	25
V (vanadium)	10		
Zn (zink)	80		

¹⁾ De gegeven concentraties betreffen de som van in gasvormige toestand voorkomende en aan stofdeeltjes gebonden PAK's. De totale concentratie PAK's is de somwaarde van de concentraties van de afzonderlijke in deze tabel genoemde PAK's.

²⁾ Concentratie totaal chroom. De concentratie zeswaardig chroom (van belang, omdat zeswaardig chroom veel toxischer is dan driewaardig chroom, de toestand waarin het meeste chroom in buitenlucht voorkomt) bedraagt naar schatting ten hoogste 5% van deze waarde, ofwel $<0,25 \mu\text{g m}^{-3}$.

XII Bijlage: depositiemetingen

Behalve in het kader van verzuringsonderzoek worden er geen routinematige depositiemetingen verricht. De achtergrondwaarden zijn daarom afgeleid uit gegevens van diverse binnen- en buitenlandse meetcampagnes en van referentiemetingen, die bij enkele branden zijn gedaan in bovenwinds gebied. De nauwkeurigheid waarmee een achtergronddepositie kan worden bepaald, hangt sterk af van het aantal beschikbare gegevens en de representativiteit daarvan. Voor de meeste componenten is het aantal gegevens beperkt tot zeer beperkt - zeker als we dat vergelijken met de beschikbare data over concentraties in lucht - en kan alleen een indicatieve waarde worden bepaald. In Tabel 70 staan de achtergrondwaarden van de deposities aan stofgebonden elementen, PAK's en dioxinen (afgeronde gemiddelde waarden) (Mennen en Van Belle, 2007).

Tabel 70. Jaarlijkse achtergronddeposities van aan stofdeeltjes gebonden componenten.

Component	Achtergrondwaarde ($\mu\text{g m}^{-2}$)	Component	Achtergrondwaarde ($\mu\text{g m}^{-2}$)
<i>Elementen</i>		<i>PAK's</i> ¹⁾	
Al (aluminium)	3000	naftaleen	0,1
As (arseen)	2	acenaftyleen	0,02
Ba (barium)	100	acenafteen	0,05
Ca (calcium)	10.000	fluoreen	0,1
Cd (cadmium)	3	fenanthreen	0,5
Co (kobalt)	5	anthraceen	0,2
Cr (chromium)	15	fluorantheen	0,6
Cu (koper)	40	pyreen	0,3
Fe (ijzer)	5000	benzo(a)anthraceen	0,04
K (kalium)	1200	chryseen	0,1
Mg (magnesium)	2500	benzo(b)fluorantheen	0,1
Mn (mangaan)	120	benzo(k)fluorantheen	0,1
Mo (molybdeen)	2	benzo(a)pyreen	0,07
Ni (nikkel)	8	dibenzo(ah)anthraceen	0,03
Pb (lood)	100	benzo(ghi)peryleen	0,1
Sb (antimoon)	2	indeno(1,2,3,-cd)pyreen	0,1
Sn (tin)	5	Totaal PAK's ¹⁾	2,5
Sr (strontium)	80		
Ti (titanium)	50		(pg TEQ m ⁻²)
V (vanadium)	10	Dioxinen	10
Zn (zink)	250		

¹⁾ De gegeven deposities betreffen voornamelijk aan stofdeeltjes gebonden PAK's. De totale depositie PAK's is de somwaarde van de deposities van de afzonderlijke in deze tabel genoemde PAK's.

XIII Bijlage: overzichten geëmitteerde stoffen bij verschillende brandtypes

De tabellen geven kwalitatief aan in welke mate een component of groep componenten wordt geëmitteerd bij verbranding van het type materiaal in de corresponderende rij. De betekenis van de symbolen is als volgt:

- : component komt niet vrij bij verbranding

± : component komt in geringe mate vrij bij verbranding

+ : component komt in redelijke mate vrij bij verbranding

++ : component komt in hoge mate vrij bij verbranding

+++ : component komt in zeer hoge mate vrij bij verbranding

(...) : Als de aanduiding tussen haakjes staat, gaat het om potentieel vrijkomende stoffen, afhankelijk van de samenstelling van het materiaal. Een voorbeeld: bij verbranding van chloorhoudende bestrijdingsmiddelen ontstaat HCl. Echter, lang niet alle bestrijdingsmiddelen zijn chloorhoudend. Daarom staat er bij de groep bestrijdingsmiddelen in de kolom HCl de indicatie +++ tussen haakjes.

Tabel 71. Overzicht van de belangrijkste gasvormige componenten die bij verschillende soorten branden kunnen vrijkomen.

Type brand of materiaal	CO	NO _x	HCN	SO ₂	HCl	BTEXS	Overige aromaten	Alifaten	Aldehyden en ketonen	Overige componenten
Kunststoffen C-H ¹⁾	++	±	-	-	-	++	+	+	+	Fenolen
PVC en PVC-achtigen ¹⁾	++	±	-	-	+++	++	+	+	+	Gechloroerde aromaten en alifaten, vinylchloride, fosgeen (zie paragraaf 4.3.1)
Kunststoffen O ¹⁾	++	±	-	-	-	++	+	+	++	Fenolen, alcoholen, furanen, carbonzuren, esters, methylmethacrylaat
Kunststoffen N ¹⁾	++	+	++	-	-	++	+	+	+	Ammoniak, isocyanaten, nitrillen, aminen, ureum
Kunststoffen S ¹⁾	++	±	-	++	-	++	+	+	+	Koolstofdissulfide, waterstofsulfide, zwavelzuur, zwaveltrioxide
Additieven in kunststoffen ²⁾	(++)	(+)	(+)	(+)	(++)	(++)	(+)	(+)	(+)	Ftalaten, HBr, gebromeerde, gechloroerde en zuurstofhoudende koolwaterstoffen ³⁾ , organofosforverbindingen
Rubber en autobanden	++	±	(±)	++	(±)	+++	++	+	+	Fenolen, furanen, alcoholen, esters, isocyanaten, nitrillen, cyanobenzenen, thiazolen en thiofenen
Olie en daaruit afgeleide brandstoffen	+	±	-	+	-	++	++	+	±	Fenolen
PCB oliën en transformatoren ⁴⁾	++	±	-	-	++	++	++	+	±	Vinylchloride, gechloroerde aromaten, gechloroerde alkanen, fenolen, alcoholen,
Verven, oplosmiddelen, bestrijdingsmiddelen en andere chemicaliën	++	±	(++)	(++)	(+++)	++	+	+	(+)	Ammoniak, nitrillen, isocyanaten, fosgeen, gechloroerde en zuurstofhoudende koolwaterstoffen ³⁾ , koolstofdissulfide, carbonylsulfide,
Hout, papier en karton	+++	+	-	(+)	-	++	+	+	++	Fenolen, furanen, ammoniak, nitrillen, isocyanaten
Afval ⁵⁾	+	(+)	(++)	(+)	(++)	(+++)	+	(++)	+	Diverse verbindingen ⁵⁾
Cacao	++	+	++	-	-	+	+	++	±	Nitrillen
Gebouwen ⁵⁾	+	±	(+)	(+)	(+)	(++)	+	+	(+)	Diverse verbindingen ⁵⁾

BTEXS = verzamelnaam voor benzeen, toluen, ethylbenzeen, xylenen en styreen

1) De kunststoffen zijn ingedeeld in kunststoffen met uitsluitend koolstof en waterstof (C-H), kunststoffen met chloorgroepen (PVC en PVC-achtigen), kunststoffen met zuurstofgroepen (O), kunststoffen met stikstofgroepen (N) en kunststoffen met zwavelgroepen (S).

2) Het betreft additieven die worden toegepast in kunststoffen en textiel. Er bestaan zowel organische als metaalhoudende additieven. Voor beide groepen additieven zijn de potentiële componenten die bij branden kunnen vrijkomen, in deze tabel opgenomen.

3) Dit zijn dezelfde gechloroerde en zuurstofhoudende componenten als die vrijkomen bij de verbranding van chloor- en zuurstofhoudende kunststoffen.

4) Bedoeld worden transformatoren met PCB-houdende olie. In principe mogen transformatoren geen PCB-houdende olie meer bevatten, maar in de praktijk komen deze nog wel eens voor in het afvalstadium.

5) Bij deze groepen materialen zijn de emissies sterk afhankelijk van de samenstelling, zowel qua omvang als qua diversiteit aan ontstane verbindingen.

Tabel 72. Overzicht van de belangrijkste stofgebonden componenten die bij verschillende soorten branden kunnen vrijkomen.

Type brand of materiaal	Fijn stof	PAK's en bifenylen	Dioxinen	Overig organische componenten	Lood	Zink	Koper	Overige elementen
Kunststoffen C-H ¹⁾	+++	+++	-	-	-	-	-	-
PVC en PVC-achtigen ¹⁾	+++	+++	++ ²⁾	Gechlorreerde PAK's, PCB's	-	-	-	-
Kunststoffen O ¹⁾	+++	+++	-	Fenolen, alcoholen, furanen, carbozuren, esters	-	-	-	-
Kunststoffen N ¹⁾	+++	+++	-	Nitro-PAK's	-	-	-	-
Kunststoffen S ¹⁾	+++	+++	-	Zwavelhoudende PAK's	-	-	-	-
Additieven in kunststoffen ³⁾	(++)	(++)	(+)	Ftalaten, organobroom- en organofosforverbindingen	(+)	(+)	(+)	Barium, cadmium, chroom, kobalt, nikkel, antimoon, titanium, calcium, arseen, selenium, kwik, fosfor
Rubber en autobanden	++	+++	-	Zwavel-PAK's, organozwavel- en organobroomverbindingen	-	++	-	Broom
Olie en daaruit afgeleide brandstoffen	+++	++	-	Organozwavelverbindingen, zwavel-PAK's	-	-	-	Nikkel, vanadium
PCB oliën en transformatoren ⁴⁾	++	+++	+++	Gechlorreerde PAK's	+	+	++	IJzer, aluminium, chroom, antimoon, cadmium, tin, barium
Verven, oplosmiddelen, bestrijdingsmiddelen en andere chemicaliën	++	+++	(+++)	Diverse verbindingen ³⁾	(+)	(+)	(+)	Diverse verbindingen ³⁾
Hout, papier en karton	+	++	(+)	Aldehyden, furanen, fenolen	-	-	-	-
Afval ³⁾	(+++)	(+++)	(++)	Diverse verbindingen ³⁾	(+)	(+)	(+)	Diverse verbindingen ³⁾
Cacao	++	+	-	Nitrillen, carbozuren, vetzuuresters	-	-	-	-
Gebouwen ³⁾	++	++	(++)	Diverse verbindingen ³⁾	++	++	++	Barium, cadmium, chroom, nikkel, antimoon, tin, titanium

1) De kunststoffen zijn ingedeeld in kunststoffen met uitsluitend koolstof en waterstof (C-H), kunststoffen met chloorgroepen (PVC en PVC-achtigen), kunststoffen met zuurstofgroepen (O), kunststoffen met stikstofgroepen (N) en kunststoffen met zwavelgroepen (S).

2) De emissiefactor aan dioxinen bij verbranding van PVC zijn niet hoog, vergeleken met die van andere chloorhoudende stoffen. Omdat het vaak om grote hoeveelheden PVC gaat, kan de uiteindelijke omvang van de dioxine-emissie toch aanzienlijk zijn.

3) Het betreft additieven die worden toegepast in kunststoffen en textiel. Er bestaan zowel organische als metaalhoudende additieven. Voor beide groepen additieven zijn de potentiële componenten die bij branden kunnen vrijkomen, in deze tabel opgenomen.

4) Bedoeld worden transformatoren met PCB-houdende olie. In principe mogen transformatoren geen PCB-houdende olie meer bevatten, maar in de praktijk komen deze nog wel eens voor in het afvalstadium.

5) Bij deze groepen materialen zijn de emissies sterk afhankelijk van de samenstelling, zowel qua omvang als qua diversiteit aan ontstane verbindingen.

XIV Bijlage: concentratie bestrijdingsmiddelen in lucht bij emissie uit kassen

Bestrijdingsmiddelen in de lucht bij kassen

Er zijn niet veel onderzoeken gedaan naar concentraties van bestrijdingsmiddelen in lucht vanwege de hoge kosten, moeilijke uitvoerbaarheid en de grote hoeveelheid werk die dat met zich meebrengt. Zowel Mensink en Linders (1998) als Leistra e.a. (2001) rapporteren over pesticiden in de lucht bij kassen. Voor tuinbouwkassen wordt een drift percentage van 0,1 % gehanteerd door het Ctgb (Tabel 57, Bijlage). Voor andere vormen van landbouw zijn geen gegevens gevonden van metingen van bestrijdingsmiddelen in de lucht.

Diverse pesticiden zijn aangetoond in zowel natte als droge depositie in de omgeving van kassen. Mensink en Linders (1998) schatten concentraties van zeven organofosfor pesticiden in de directe omgeving van een kas met behulp van een module uit USES 2.0, een besluitondersteunend systeem voor overheidsinstanties. Deze module is deels gebaseerd op experimentele data, bijvoorbeeld het concentratieverloop in de kas en het ventilatievoud, en het biedt de mogelijkheid om benedenwinds in de lijwervel (turbulente luchtmenging benedenwinds van een kas) tot op 25 meter afstand van de kas pesticideconcentraties te schatten. De doseringskarakteristieken van de zeven geselecteerde pesticiden zijn vermeld in Tabel 73 evenals de gewassen waarvoor ze bedoeld zijn.

Tabel 73. Doseringkarakteristieken en kasgewassen voor de geselecteerde pesticiden (Mensink en Linders, 1998).

Pesticide	Minimale en maximale dosering (kg/ha)	Frequentie (doseringen/jaar)	Interval (d)	Gewas
dichloorvos	0,05 - 1,8	5-15	5	Groentes, sierplanten, aardbeien
Azinphos-methyl	0,23 - 0,70	1-2	?	Sierplanten
Chlorfenvinphos	4,0	1	-	Rozen (grondbehandeling)
Diazinon	0,09 - 0,68	1-6	Max. 14	Groenten, sierplanten
Mevinphos	0,073 - 0,29	14	14	groenten
Parathion	0,12 - 4,0	1-2	?	Groenten, sierplanten
Parathion-methyl	0,12 - 4,0	1-2	?	Groenten, sierplanten

De aanname in de berekening is dat de kassen tijdens de toediening gesloten zijn en dat de bestrijdingsmiddelen via als damp en fijne druppeltjes/deeltjes (aërosolen) ontwijken uit de kassen door ventilatie via kieren.

Als kasgrootte wordt 100m x 100 m x 3,5 m verondersteld. De geschatte concentraties in de buitenlucht geldt tot 25 meter afstand van de kas in het eerst uur na de toediening. In het model is rekening gehouden met de vluchtigheid van de pesticiden. In

Tabel 74 is weergegeven wat de dampdruk is van de geselecteerde pesticiden en van welke emissiefactoren naar de lucht is uitgegaan.

Tabel 74. Schatting van de totale emissiefactoren van bestrijdingsmiddelen afhankelijk van de dampdruk van het bestrijdingsmiddel en de dampdruk van de zeven beschouwde pesticiden (Mensink en Linders, 1998).

Dampdruk (mPa)	Emissiefactoren
> 10	0,40
1-10	0,30-0,35
0,1 - 1	0,10 - 0,25
0,01 - 0,1	0,05 - 0,15
< 0,01	0,01 - 0,05
Pesticide	Dampdruk bij 20°C (mPa)
dichloorvos	1600
Azinphos-methyl	< 51
Chlorfenvinphos	0,53
Diazinon	10-19
Mevinphos	65-380
Parathion	5
Parathion-methyl	1,3

De geschatte concentraties van de zeven bestrijdingsmiddelen in de directe omgeving (tot 25 meter) benedenwinds van de kas is opgesomd in Tabel 36, hoofdstuk 7. Er zijn concentraties berekend voor de hoogste en de laagste dosering, zoals genoemd in Tabel 73. Uit Tabel 36 blijkt dat in het eerste uur na toediening de concentratie van enkele bestrijdingsmiddelen op kan lopen tot enkele honderden microgrammen per m³.

Leistra e.a. (2001) deden een vergelijkbare studie. Er werden bestrijdingsmiddelen (insecticiden, acariciden en fungiciden) geselecteerd die veel gebruikt worden, die via bespuiting of ruimtebehandeling worden gebruikt en die een matige tot hoge dampdruk hebben. Berekend werden de concentraties bestrijdingsmiddel in de lijwervel benedenwinds van een standaardkas.

Voor ruimtebehandeling met middelen die in relatief hoge doseringen worden toegediend liggen de concentraties op het niveau van enkele tientallen microgrammen per m³.

Sommige (vooral nieuwere) middelen worden in relatief lage doseringen toegediend. Daarvan is de concentratie in de lijwervel dan ook lager. Bespuiting met een vluchtige fungicide in hoge doseringen op grond met jonge planten geeft hoge berekende concentraties.

De concentraties van de bestrijdingsmiddelen in de lucht benedenwinds van de kas worden berekend met het empirisch lijwervelmodel (Baas en Huygen, 1992).

Uit de berekeningen blijkt dat de bestrijdingsmiddelen in maximaal enkele tientallen microgrammen per m³ voorkomen in de lijwervel van de kas bij toediening via ruimtebehandeling. Andere toedieningen directer op het gewas leiden tot lagere concentraties. Deze concentraties zijn over het algemeen wat lager dan bij Mensink en Linders (1998). Er werden echter verschillende modellen gebruikt, verschillende bestrijdingsmiddelen en verschillende doseringen, dus onderling vergelijken is niet goed mogelijk.

Tabel 75. Enkele voorbeelden van berekende concentraties van bestrijdingsmiddelen in de lijwervel van een standaardkas na toediening via ruimtebehandeling (Leistra e.a., 2001).

Werkzame stof	Gewas	Dosering ruimtebehandeling (kg/ha)	Concentratie na ruimtebehandeling in lijwervel kas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Acefaat	Chrysan	0,38	25
	Roos	0,38	25
Carbofuran	Chrysan	0,30	20
	Ficus	0,30	20
Dichloorvos	Roos	0,55	26
Primicarb	Komkommer	0,25	17
Triazamaat	Chrysan	0,14	9,3

XV Bijlage: stabiliteitsklassen volgens Pasquill (Nieuwstadt, 1975)

De stabiliteit wordt bepaald uit de instraling, de bewolking en de windsnelheid met behulp van onderstaande tabel:

windsnelheid op 10 m in m/s	straling			nacht	
	sterk	matig	zwak	$\geq 4/8$ lage bewolking	$\leq 3/8$ bewolking
< 2	A	AB	B	-	-
2-3	AB	B	C	E	F
3-5	B	BC	C	D	E
5-6	C	CD	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

De dag wordt gedefinieerd van 1 uur na zonsopgang tot 1 uur voor zonsondergang.

De neutrale klasse D geldt altijd, zowel dag als nacht en ongeacht de windsnelheid, bij een geheel bewolkte hemel. Gedurende het uur voorafgaand en volgend op de nacht wordt stabiliteitsklasse D gemomen.

De stabiliteitscategorieën hebben de volgende benaming:
 A sterk onstabiel, B matig onstabiel, C licht onstabiel,
 D neutraal, E licht stabiel, F matig stabiel.

