



# ZZS van tankopslagbedrijven

Analyse van uitstoot, effect en maatregelen

**16 december 2022**

**Kenmerk** R002-1283216RAX-V02-nja

## Verantwoording

|                        |                                                                                          |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Titel</b>           | ZZS van tankopslagbedrijven                                                              |
| <b>Opdrachtgever</b>   | VOTOB                                                                                    |
| <b>Projectleider</b>   | Berend Hoekstra                                                                          |
| <b>Auteur</b>          | Reinoud van der Auweraert                                                                |
| <b>Tweede lezer</b>    | Berend Hoekstra                                                                          |
| <br>                   |                                                                                          |
| <b>Projectnummer</b>   | 1283216                                                                                  |
| <b>Aantal pagina's</b> | 54                                                                                       |
| <b>Datum</b>           | 16 december 2022                                                                         |
| <b>Handtekening</b>    | Ontbreekt in verband met digitale verwerking.<br>Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven. |

## Colofon

TAUW bv  
Rijnspoor 209  
Postbus 6  
2900 AA Capelle aan den IJssel  
T +31 10 28 86 10 0  
E [info.rotterdam@tauw.com](mailto:info.rotterdam@tauw.com)

## Inhoud

|       |                                                       |    |
|-------|-------------------------------------------------------|----|
| 1     | Inleiding .....                                       | 5  |
| 1.1   | Achtergrond.....                                      | 5  |
| 1.2   | Doel.....                                             | 5  |
| 1.3   | Aanpak en afbakening .....                            | 6  |
| 2     | Historisch perspectief en recente ontwikkelingen..... | 7  |
| 2.1   | Overheidsbeleid .....                                 | 7  |
| 2.1.1 | Luchtkwaliteit.....                                   | 7  |
| 2.1.2 | Klimaatverandering en duurzame brandstoffen .....     | 8  |
| 2.1.3 | Geurbeleid.....                                       | 8  |
| 2.1.4 | Beste beschikbare techniek (BBT).....                 | 8  |
| 2.1.5 | Zeer zorgwekkende stoffen (ZZS).....                  | 9  |
| 2.2   | Emissiebeperkende maatregelen.....                    | 10 |
| 2.3   | Inspectie en onderhoud.....                           | 11 |
| 2.4   | Bepalen van diffuse emissies.....                     | 11 |
| 3     | Stoffen .....                                         | 12 |
| 3.1   | Algemene effecten op gezondheid en natuur .....       | 12 |
| 3.1.1 | Grootschalige luchtverontreiniging (VOS).....         | 12 |
| 3.1.2 | Effecten van VOS versus ZZS .....                     | 13 |
| 3.2   | Uitstoot naar de lucht .....                          | 14 |
| 3.2.1 | Landelijke trend van VOS-emissies .....               | 14 |
| 3.2.2 | Landelijke trend van ZZS-emissies.....                | 16 |
| 3.2.3 | Tankopslagsector en ZZS-emissies.....                 | 17 |
| 3.3   | Verspreiding en luchtkwaliteit.....                   | 20 |
| 3.3.1 | Gemeten benzeenconcentratie in de lucht .....         | 20 |
| 3.3.2 | Gemeten naftaleenconcentratie in de lucht .....       | 23 |
| 3.3.3 | Berekende verspreiding .....                          | 23 |
| 3.3.4 | Effect op gezondheid .....                            | 28 |
| 3.4   | Samenvatting .....                                    | 30 |
| 3.4.1 | Conclusies.....                                       | 30 |
| 3.4.2 | Discussie.....                                        | 31 |

|       |                                                                |    |
|-------|----------------------------------------------------------------|----|
| 4     | Maatregelen.....                                               | 32 |
| 4.1   | Beschikbare maatregelen .....                                  | 32 |
| 4.1.1 | Minimumeisen .....                                             | 32 |
| 4.1.2 | Beoordeling van de maatregelen .....                           | 32 |
| 4.1.3 | Verdrijvingsverliezen (daklandingsverliezen) .....             | 33 |
| 4.1.4 | Uitdampingsverliezen .....                                     | 35 |
| 4.1.5 | Dampbehandeling van alle opslagverliezen .....                 | 37 |
| 4.1.6 | Dampverwerking .....                                           | 39 |
| 4.1.7 | Maatregelen gericht op alleen ZZS .....                        | 40 |
| 4.2   | Reductiepotentieel en kosten .....                             | 41 |
| 4.3   | Beoordeling van de maatregelen .....                           | 42 |
| 5     | Samenvatting, conclusies en aanbevelingen .....                | 44 |
| 5.1   | Aanleiding en doel.....                                        | 44 |
| 5.2   | Aanpak en afbakening .....                                     | 44 |
| 5.3   | Uitstoot, luchtkwaliteit en effect op de volksgezondheid ..... | 45 |
| 5.4   | Maatregelen .....                                              | 47 |
| 5.5   | Beschouwing .....                                              | 51 |
| 5.6   | Aanbevelingen .....                                            | 52 |
| 5.6.1 | VOTOB en tankopslagbedrijven .....                             | 52 |
| 5.6.2 | Rijkswaterstaat, omgevingsdiensten en VOTOB .....              | 52 |
| 5.6.3 | Ministerie van IenW.....                                       | 53 |
| 5.6.4 | Provincies Noord-Holland en Zuid-Holland .....                 | 54 |

## 1 Inleiding

### 1.1 Achtergrond

Gedreven door maatschappelijke verantwoordelijkheid en ontwikkelingen in het milieubeleid is binnen de Nederlandse Vereniging van Tankopslagbedrijven (VOTOB) de noodzaak onderkend van een goed inzicht in (1) de effecten van de sector op de volksgezondheid en natuur en (2) maatregelen om de effecten kosteneffectief te beperken.

Het gaat hier om de uitstoot naar de lucht van koolwaterstoffen vanuit de aardolieproducten, met name Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) in vluchtige organische stoffen (VOS). Besloten is om een ondersteunend onderzoek te laten uitvoeren (het 'Onderzoek'). Op basis van het Onderzoek willen de VOTOB-leden een eigen visie op de aanpak van ZZS ontwikkelen voor de tankopslagactiviteiten.

Met het meetprogramma dat in het najaar van 2021 is uitgevoerd heeft de VOTOB een belangrijke eerste stap gezet om duidelijkheid verschaffen over de aanwezigheid van ZZS in de producten.

### 1.2 Doel

Het doel van het Onderzoek is inzicht verkrijgen in:

- Feitelijke situatie met betrekking tot de ZZS-uitstoot van de leden en het effect hiervan op de volksgezondheid en
- Substantiële kosteneffectieve emissiebeperkende maatregelen

Het Onderzoek geeft antwoord op de volgende vragen:

1. Welke ZZS komen vrij uit opslagtanks en andere installaties?
2. Wat is de bijdrage van VOTOB terminals aan ZZS-concentraties in de omgevingslucht vergeleken met MTR- en VR-waarde?
3. Zijn er ZZS waarvan de aan de VOTOB leden toe te schrijven uitstoot (vracht) mogelijk een significant effect op de volksgezondheid kunnen hebben en waarop de tankopslagsector zich in het bijzonder kan focussen?
4. Wat zijn de kosten om de emissies van VOTOB-terminals tot nul te reduceren?
5. Wat zijn de afwenteleffecten ('cross media-effects') en hoe kunnen die worden beschouwd?
6. Wat is een kosteneffectieve strategie om emissies van ZZS te minimaliseren?

ZZS bij tankopslag hangt vrijwel altijd samen met VOS, zodat ook de uitstoot en maatregelen gericht op VOS zijn beschouwd.

### 1.3 Aanpak en afbakening

De VOTOB Taskforce Stoffen vormde de stuurgroep voor het Onderzoek en heeft de lijn van het Onderzoek bepaald. In aansluiting op de aanpak van de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (ODNZKG) zijn de volgende vier ZZS beschouwd, benzeen, 1,3-butadien, isopreen en naftaleen. Deze stoffen kunnen worden gezien als de belangrijkste ZZS voor de tankopslagbedrijven.

Het Onderzoek beperkt zich tot de luchtaspecten en is gericht op aardolieproducten, niet op chemicaliën buiten de aardolieketen. Het Onderzoek is gebaseerd op literatuuronderzoek, gegevens die VOTOB en de leden ter beschikking hebben gesteld. Twee onderzoeken zijn in het bijzonder van belang:

- VOTOB-onderzoek naar de aanwezigheid van vier ZZS in de belangrijkste aardolieproducten middels monsternamen en analyse door TAUW van eind 2021
- Factsheets diffuse tankemissies van Royal HaskoningDHV (RHDHV) in opdracht van DCMR naar de kosten van een tiental maatregelen om de uitstoot van VOS bij opslagtanks te beperken

Het Onderzoek kent twee hoofdonderwerpen:

- Stoffen: emissie, immissie, luchtkwaliteit en effect op volksgezondheid (onderzoeksvragen 1-3)
- Maatregelen: rendement, kosten, kosteneffectiviteit, afwenteleffecten, implementatie (onderzoeksvragen 4-6)

## 2 Historisch perspectief en recente ontwikkelingen

### 2.1 Overheidsbeleid

#### 2.1.1 Luchtkwaliteit

Het verder beperken van (ZZS-)emissies past in een lange traditie van de VOTOB-leden. Sinds eind jaren tachtig 1990 is er sprake van landelijke en Europees beleid om de uitstoot van niet-methaan vluchtige organische stoffen (veelal aangeduid als VOS) te reduceren en zo de vorming van zomersmog (ozon) terug te dringen en aldus de luchtkwaliteit te verbeteren.

Al in 1988 sloot de VOTOB met het bevoegd gezag en de rijksoverheid een convenant af (VOTOB convenant) gericht op de VOS-emissies, wat later aansloot bij het project KWS2000 als onderdeel van de aardolieketen. Halverwege de jaren negentig werd de Europese Benzinerichtlijn ingevoerd en werd daarnaast een 'integraal milieukader op- en overslagbedrijven' (IMKO) opgesteld als taakstelling voor de bedrijven (bedrijfsmilieuplan). Vervolgens is in 2001 de Europese richtlijn Nationale Emissie Plafonds (NEC) uitgevaardigd en is IMKO-2 opgesteld met maatregelen – afgestemd met de overheden – voor verdergaande reductie. In wezen is IMKO-2 een document dat toen de beste beschikbare techniek (BBT) beschreef en waarvan de implementatie werd vastgelegd in vergunningen en/of bedrijfsmilieuplan (BMP). Daarnaast werd 'Caruso' als computerprogramma ontwikkeld om de emissies van activiteiten op basis van 'productbewegingen' te berekenen volgens het handboek<sup>1</sup> Milieumonitor 14 van 2004.

In 2013-2016 zijn in Europees verband nieuwe VOS-emissieplafonds afgesproken (voor 2020 en 2030) waarmee de druk op het verder verlagen van de uitstoot aanhoudt. In Nederland is het normatieve deel van de Nederlandse Emissierichtlijn Lucht (NeR) opgenomen in het Activiteitenbesluit milieubeheer.

De belangrijkste recente beleidsontwikkelingen zijn:

- Het [Schone Lucht Akkoord](#) (SLA) met als streven een permanente verbetering van de luchtkwaliteit
- Het weren van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) uit het milieu
- Het toepassen van kosteneffectiviteit voor ZZS-maatregelen

Daarnaast is er nieuw Europees beleid in ontwikkeling, zoals:

- Europese Green Deal<sup>2</sup> met lucht-, water- en bodemverontreiniging teruggedrongen tot een niveau dat niet langer als schadelijk voor de gezondheid en de natuurlijke ecosystemen wordt beschouwd ('zero pollution');
- Herziening van luchtkwaliteitsstandaarden;
- Nieuwe emissiegrenswaarden voor 29 luchtverontreinigende stoffen in de chemische industrie

<sup>1</sup> Handboek emissiefactoren voor diffuse emissies en emissies van bij op- en overslag; Milieumonitor 14, maart 2004; + Actualisatie Inlegvel 01-10-2009.

<sup>2</sup> Route naar een gezonde planeet voor iedereen, EU-actieplan: Verontreiniging van lucht, water en bodem naar nul; Mededeling van 12.05.2021.



### 2.1.2 Klimaatverandering en duurzame brandstoffen

Een ander spoor van Europees beleid betreft duurzame brandstoffen. In beperkte mate kan ethanol (en eventueel MTBE en ETBE) worden bijgemengd in benzine en vetzuuresters (FAME) in diesel). Algemeen gesteld is de grens voor maximale bijmenging intussen bereikt. Het is ook mogelijk om benzine en diesel rechtstreeks uit plantaardige en dierlijke stromen te produceren (in plaats van uit aardolie). Deze biobenzine, biokerosine en biodiesel (HVO) bevatten nagenoeg geen ZZS. Het aanbod is nog zeer beperkt maar de verwachting is dat het hernieuwbare aandeel van de transportbrandstoffen significant zal toenemen.

VOTOB, de leden en klanten hebben geen invloed op de beschikbare brandstoffen en producten. ZZS vermijden door productvervanging is nu en de komende jaren slechts beperkt mogelijk voor de klanten van opslagbedrijven en verder niet beschouwd.

### 2.1.3 Geurbeleid

Het beperken van geurhinder tot aanvaardbare niveaus was ook aanleiding om aanvullende maatregelen te treffen, bv. bij dampterugwinningsinstallaties en opslagtanks van sterk ruikende producten zoals stookolie. Doordat de geurbehandelingsinstallaties, bv. gaswassers een puntbron zijn, zijn de algemene emissiegrenswaarden van het Activiteitenbesluit van toepassing op de concentratie aan koolwaterstoffen (VOS, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) en ZZS (bv. benzeen). Zonder geurbehandeling zijn deze emissiegrenswaarden niet van toepassing.

### 2.1.4 Beste beschikbare techniek (BBT)

Zoals hiervoor aangegeven gaf IMKO-2 aan wat als beste beschikbare techniek (BBT) kon worden beschouwd. Na IMKO-2 (2005) zijn er een aantal Europese BBT referentiedocumenten (BREF) en BBT-conclusies gepubliceerd die van invloed zijn op de BBT beschouwing voor de op- en overslagbedrijven voor vloeibare bulk, bv. BBT-conclusies voor aardolieraffinaderijen, BREF voor opslag en conceptversie van de BREF voor afgasbehandeling.

Door deze ontwikkelingen hebben de omgevingsdiensten hun visie op passende BBT maatregelen beschreven en aangepast in het 'Branchedocument Vloeibare Bulk – VOS-maatregelen'<sup>3</sup>. Concreet gesteld wordt bv. een opslagtank met een extern drijvend dak niet meer gezien als BBT.

Daarnaast zijn in een aantal vergunningen de algemene emissiegrenswaarden als emissie-eis in de vergunning opgenomen voor de dampterugwinningsinstallaties, niettegenstaande er een aparte paragraaf in het Activiteitenbesluit is. Los van hoogte van de emissieconcentratie zijn de algemene emissiegrenswaarden niet toegesneden op dampterugwinningsinstallaties, wat ze onduidelijk en lastig handhaafbaar maakt. Bv. het Activiteitenbesluit milieubeheer maakt onderscheid in 4 organische stofklassen wat analyse van meer dan 100 stoffen in benzinedamp zou inhouden en het wel/niet beschouwen van ethaan, propaan, butaan (niet expliciet genoemd in de Activiteitenregeling maar wel impliciet). Daarnaast zijn er praktische moeilijkheden bij het vaststellen van de representatieve/maximale emissiesituatie (bv. door aantal lossingen van al dan niet verschillende producten die tegelijk plaats vinden, ademen dat sterk door weersomstandigheden wordt bepaald).

<sup>3</sup> Branchedocument Vergunningverlening Wabo Vloeibare Bulk - VOS Maatregelen, versie 2.1, 11 mei 2020.



### 2.1.5 Zeer zorgwekkende stoffen (ZZS)

#### 2.1.5.1 Activiteitenbesluit milieubeheer

In het Activiteitenbesluit, lid 2 van artikel 2.4, staat: *'Emissies van zeer zorgwekkende stoffen naar de lucht worden zoveel mogelijk voorkomen dan wel, indien dat niet mogelijk is, tot een minimum beperkt.'* Dit wordt kortweg de minimalisatieverplichting genoemd. De emissie van ZZS mag niet bijdragen aan onaanvaardbare luchtkwaliteit, uitgedrukt als overschrijding van de waarde voor het maximaal toelaatbaar risico (MTR). In de toelichting op artikel 2.4, achtste lid, van het Activiteitenbesluit milieubeheer wordt MTR genoemd als criterium voor stellen van maatwerkvoorschriften. Hieruit kan worden afgeleid dat het stellen van emissie-eisen die verder gaan de algemene emissiegrenswaarden gemotiveerd moeten worden met het risico voor de volksgezondheid, uiteraard voor zover de emissie niet kan worden vermeden. In de praktijk wordt de immissie - dit is de bijdrage van een bedrijf aan de concentraties in de omgeving – ook wel getoetst aan de waarde voor het verwaarloosbaar risico (VR). De VR-waarde heeft geen wettelijke status maar biedt een op wetenschappelijk grond verkregen onderbouwing voor het aanduiden van een verwaarloosbaar risiconiveau voor de volksgezondheid en het milieu.

Ingegeven door het provinciaal beleid van de provincies Noord- en Zuid-Holland<sup>4</sup> hebben de betreffende omgevingsdiensten toegelicht naar een 'nulemissie' voor ZZS te streven. In de huidige wetgeving ligt dit duidelijk genuanceerder zoals aangegeven in voorgaande.

Voor de volledigheid moet nog opgemerkt dat het strikt genomen niet alleen om ZZS in producten gaat maar ook om van koolmonoxide en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) in rookgassen. Beide zijn ZZS. Deze komen niet alleen vrij uit motoren maar kunnen ook via de uitlaat van de damptugwinningsinstallatie in de atmosfeer vrijkomen (schepen die rookgas als inert gas gebruiken). Koolmonoxide is ook aanwezig in het rookgas van een naverbrander (RTO).

#### 2.1.5.2 P-ZZS en Zuid-Hollands beleid

Potentieel zeer zorgwekkende stoffen (p-ZZS) zijn stoffen die volgens het RIVM (chemisch) vergelijkbaar zijn met ZZS maar niet als zodanig geclassificeerd omdat het onderzoek naar de eigenschappen nog loopt. Dit betekent dat de classificatie als p-ZZS tijdelijk is en ongewis of de betreffende stof uiteindelijk als ZZS zal worden geclassificeerd. Volgens het beleid van de provincie Zuid-Holland moeten p-ZZS als ZZS worden behandeld.

Begin 2021 waren n-hexaan, MTBE, ortho-en meta-xyleen zijn de belangrijkste stoffen in de aardolieproducten die aangemerkt waren als p-ZZS. Dit zijn stoffen die in aanzienlijke mate kunnen voorkomen (meer dan 1-5% in aardolieproducten) en daarmee bepalend zijn in het aanduiden van een product als 'hoog ZZS'-houdend volgens het 'Branchedocument *Vloeibare Bulk – VOS-maatregelen*'.

In april 2021 en juli 2022 heeft het RIVM n-hexaan respectievelijk ortho-en meta-xyleen van de p-ZZS-lijst verwijderd omdat in het nader onderzoek geen ZZS-eigenschappen zijn aangetoond. Dit ter illustratie van de status p-ZZS en het mogelijk effect op te treffen maatregelen.

<sup>4</sup> Besluit 7897 van Gedeputeerde Staten van de provincie Zuid-Holland houdende regels omtrent vaststelling van de bijlage Omgang met Zeer Zorgwekkende Stoffen van de Nota Vergunningverlening, Toezicht en Handhaving 2018-2021 van 04-12-2019

### 2.1.5.3 Landelijke (p) ZZS-inventarisatie

De provincies willen inzicht hebben in mogelijke knelpunten met (potentieel) zeer zorgwekkende stoffen (afgekort ZZS en p-ZZS). De wettelijke verplichting tot een ZZS-inventarisatie volgens artikel 2.4 van het Activiteitenbesluit vormde hiervoor de basis is uitgebreid met onder andere p-ZZS. Hiervoor is een inventarisatieronde in 2019 gestart en hebben de VOTOB-leden in 2020 en 2021 inventarisatierapporten ingediend bij de respectievelijke omgevingsdiensten. Tijdens de inventarisatie is duidelijk geworden dat de kennis over de aanwezigheid van bepaalde (p) ZZS in de aardolieproducten beperkt is. Gebaseerd op onzekere, wellicht conservatieve aannames heeft de ODNZKG een aantal leden gemaand om aanvullende maatregelen te treffen. Het nadeel van een dergelijke conservatieve benadering is dat daaruit knelpunten voor de luchtkwaliteit kunnen worden gesignaleerd die in werkelijk niet bestaan. Dit is ongewenst voor de leden en de maatschappij.

### 2.1.5.4 Onderzoek naar ZZS in aardolieproducten

Om inzicht te kunnen krijgen in de werkelijke uitstoot van ZZS naar de lucht heeft VOTOB op verzoek van een aantal leden besloten om het gehalte aan ZZS in de opgeslagen aardolieproducten te laten analyseren. VOTOB heeft TAUW daartoe opdracht verleend. Een aantal tankopslagbedrijven die niet bij VOTOB zijn aangesloten hebben zich ook bij het onderzoek aangesloten.

De beschouwde aardolieproducten zijn de belangrijkste commerciële brandstoffen en componenten die ZZS bevatten, namelijk benzine, diesel, kerosine, nafta's, pygas en stookolie. Ruwe aardolie (mineral crude oil) is niet onderzocht. De beschouwde ZZS zijn benzeen, 1,3-butadieen, isopreen en naftaleen. De afbakening op deze vier stoffen is gekozen zodat aangesloten wordt bij het verzoek van de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied van mei 2021 voor de ZZS-inventarisaties.

De resultaten zijn gepubliceerd in het eindconcept van 4 februari 2022 (ref. <sup>5</sup>).

## 2.2 Emissiebeperkende maatregelen

Het palet aan emissiebeperkende maatregelen is in de afgelopen jaren niet wezenlijk veranderd. Wel is er sprake van verschillende aanpassingen die tot een lagere uitstoot leiden, zoals betere afdichting van drijvende daken en koeling van dampterugwinningsinstallaties. Daarnaast worden meer damprijke stromen behandeld zoals dat het nu gangbaar is damp van een opslagtank met drijvend dak in ruststand lokaal te verwerken. Ook zijn er nieuwe concepten met een naverbrander (RTO) als nageschakelde techniek na dampterugwinning of gesloten K1-opslagtanks die op een dampterugwinningsinstallatie zijn aangesloten.

DCMR heeft aan RHDHV opdracht verleend om de kosten te bepalen van de maatregelen die in het 'Branchedocument Vloeibare Bulk – VOS-maatregelen' zijn genoemd (Factsheets diffuse tankemissies). Na een voorselectie is dit voor de volgende maatregelen uitgewerkt:

- 1 Plaatsen van een nieuwe geventileerde dome op een bestaande EFR opslagtank
- 2A Plaatsen van een nieuwe dampdichte dome op een bestaande EFR opslagtank
- 4A Aansluiten van een dampdicht dak op een dampverwerkingsinstallatie (DVI)

<sup>5</sup> TAUW-rapport; ZZS in aardolieproducten; Vereniging van Nederlandse Tankopslagbedrijven; eindconcept, 4 februari 2022

- 5 Vervangen van een oude end-of-life opslagtank door een nieuw dampdichte opslagtank
- 6B Aansluiten van een mobiele DVI op tank t.b.v. operationele daklandingen

In het Onderzoek is gebruik gemaakt van deze kostenbepaling (hoofdstuk 4).

### 2.3 Inspectie en onderhoud

Nieuwe, veelal optische, meetmethoden hebben zich intussen bewezen als aanvulling op bestaande meetmethoden voor diffuse emissies; voor bedrijven gaat het om lekdetectie (infrarood camera, '*optical gas imaging*' OGI). De optische meetmethode heeft vooral toegevoegde waarde door het sneller detecteren van significante emissies (factor 20 keer sneller dan traditionele lekdetectie met FID bij potentiële lekpunten), ook op lastig te bereiken plaatsen.

Een belangrijk nadeel van optische meetmethode OGI is dat de detectiegrens in het veld ordegrrootte 10.000 ppm of 10 g/uur bedraagt volgens de huidige inzichten. Daarmee is optische meetmethode OGI niet geschikt om kleine lekkages boven de reparatiegrens op te sporen. Anderzijds moet worden opgemerkt dat de totale lekverliezen worden grotendeels worden bepaald door de grotere lekkages en niet zozeer door de veelheid aan kleine lekkages.

Het toepassen van nieuwe meetmethoden kan een belangrijke rol spelen in het terugdringen van de VOS/ZZS-uitstoot. Dit betreft met name de opslagtanks met een drijvend dek/dak. Als bv. de afdichting van de dakrand niet goed aansluit, ontstaan er grote lekkages die ongemerkt lang kunnen doorgaan. Met een infrarood camera is mogelijk om lekkages aan drijvende dekken snel en veilig vast te stellen.

### 2.4 Bepalen van diffuse emissies

Het handboek<sup>6</sup> Milieumonitor 14 geeft de berekeningsmethode voor het bepalen van de jaarvracht van VOS-emissies vanuit diffuse bronnen. Het handboek<sup>7</sup> Milieumonitor 15 beschrijft de methode om VOS-lekverliezen van apparaten op te sporen en te kwantificeren naar een jaarvracht. Beide documenten vormen de basis voor het bepalen van en het rapporteren over de diffuse VOS-emissies van de raffinaderijen, chemische industrie en op- en overslagbedrijven. Deze rapportage is verplicht in het kader van de omgevingsvergunning en de Uitvoeringsregeling 'EG-verordening PRTR en PRTR-protocol'.

In opdracht van het toenmalige ministerie van VROM zijn in 2003-2004 de handboeken Milieumonitor 14 en 15 opgesteld met medewerking van o.a. VOTOB, VNPI, VNCI, VROM en IPO. RWS is onlangs een project gestart om de handboeken te actualiseren zodat die beter aansluiten bij de thans gangbare activiteiten, installaties, onderdelen van installaties en meetinstrumenten en de hedendaagse wetenschappelijke inzichten en gehanteerde normen.

In het Onderzoek wordt gebruik gemaakt van de kennis van deze ontwikkelingen in de afgelopen decennia en plaatsen we de huidige verdergaande ontwikkelingen in dat historische perspectief.

<sup>6</sup> Handboek emissiefactoren voor diffuse emissies en emissies van bij op- en overslag; Milieumonitor 14, maart 2004; + Actualisatie Inlegvel 01-10-2009.

<sup>7</sup> Meetprotocol voor lekverliezen; MilieuMonitor 15, maart 2004.

### 3 Stoffen

In dit hoofdstuk komen achtereenvolgens de effecten op volksgezondheid en natuur (par. 3.1), de uitstoot naar de lucht (par. 3.2) met onder andere emissieoorzaken en de luchtkwaliteit (par. 3.3) aan bod, gevolgd door een samenvatting in par. 3.4.

#### 3.1 Algemene effecten op gezondheid en natuur

In deze paragraaf worden de effecten van VOS en ZZS aangegeven en onderling vergeleken.

##### 3.1.1 Grootschalige luchtverontreiniging (VOS)

###### Grootschalige luchtverontreiniging

Zoals onder ander gesteld in het [Schone Lucht Akkoord](#) (SLA) behoort luchtverontreiniging tot de belangrijkste risicofactoren voor de gezondheid, in dezelfde orde van grootte als overgewicht. Gemiddeld leven Nederlanders door luchtverontreiniging negen maanden korter en jaarlijks overlijden circa 11.000 mensen vroegtijdig als gevolg van blootstelling aan luchtverontreiniging<sup>8</sup>. Het SLA streeft naar minimaal 50% gezondheidswinst uit binnenlandse bronnen in 2030 ten opzichte van 2016.

Het Europees Milieuagentschap heeft samen andere instituten het effect van de hoofdcomponenten van grootschalige luchtverontreiniging op de volksgezondheid onderzocht<sup>9</sup>. De volgende tabel geeft een overzicht voor de Benelux-landen en Duitsland.

Tabel 3.1 – Vroegtijdig overlijden door grootschalige luchtverontreiniging (aantal per jaar; 2019; Table 3.1 van ref. 9)

| Land      | PM2,5  | NO <sub>2</sub> | Ozon * | Totaal | Per 1.000.000 inwoners |
|-----------|--------|-----------------|--------|--------|------------------------|
| België    | 6.500  | 750             | 270    | 7.520  | 660                    |
| Nederland | 8.900  | 1.000           | 380    | 10.280 | 590                    |
| Luxemburg | 200    | 20              | 10     | 230    | 370                    |
| Duitsland | 53.800 | 6.000           | 3.350  | 63.150 | 760                    |

\* VOS speelt een belangrijke rol als zogenoemde 'precursor' in de vorming van ozon op leefniveau (smog)

###### VOS is onderdeel van grootschalige luchtverontreiniging

De schadelijke effecten van grootschalige luchtverontreiniging op volksgezondheid en natuur worden in hoofdzaak veroorzaakt door fijn stof (PM10 en PM2,5), stikstofoxiden en ozon. VOS speelt daarbij een belangrijke rol als zogenoemde 'precursor' in de vorming van ozon op leefniveau (smog) en fijn stof. VOS is mede bepalend voor het aandeel stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) in stofoxiden (NOx) in de lucht.

<sup>8</sup> Onder ander gesteld in de eerste alinea van het Schone Lucht Akkoord (SLA)

<sup>9</sup> ETC/ATNI Report 10/2021: Health risk assessments of air pollution. Estimations of the 2019 HRA, benefit analysis of reaching specific air quality standards and more.

### 3.1.2 Effecten van VOS versus ZZS

#### **Volksgezondheid**

De VOS uit aardolieproducten bevat een aantal ZZS, waarvan benzeen als belangrijkste voor de volksgezondheid worden beschouwd. Het RIVM<sup>10</sup> geeft aan dat de kans op voortijdige overlijden door de benzeenconcentraties in de omgevingslucht in Nederland circa 3 gevallen per jaar in 2003 bedraagt, wat overeenkomt met 2 gevallen per jaar in 2022 gelet op de afname in van benzeen in de lucht. Benzeen is de enige ZZS in aardolieproducten die systematisch wordt gemonitord en waarover wordt gerapporteerd door de overheden.

#### **Natuur**

In de kamerbrief van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat van 30-04-2020 met kenmerk IENW/BSK-2020/81476 is aangegeven dat er geen negatieve gevolgen zijn voor Natura 2000-gebieden door varend ontgassen en de daarmee samenhangende verhoogde ZZS-concentraties. Een belangrijk aspect hierin is dat de beschouwde ZZS niet accumuleren in de voedselketen. De relevante ZZS in de dampen van aardolieproducten zoals benzeen, 1,3-butadien, isopreen en naftaleen worden in de atmosfeer en na depositie afgebroken.

Deze ZZS zijn niet persistent in de betekenis van 'persistent organic pollutants' (POP<sup>11</sup>) of bioaccumulerend en daarmee onvergelijkbaar met bv. PCBs, dioxines of PFAS.

#### **Milieuschade aan de maatschappij**

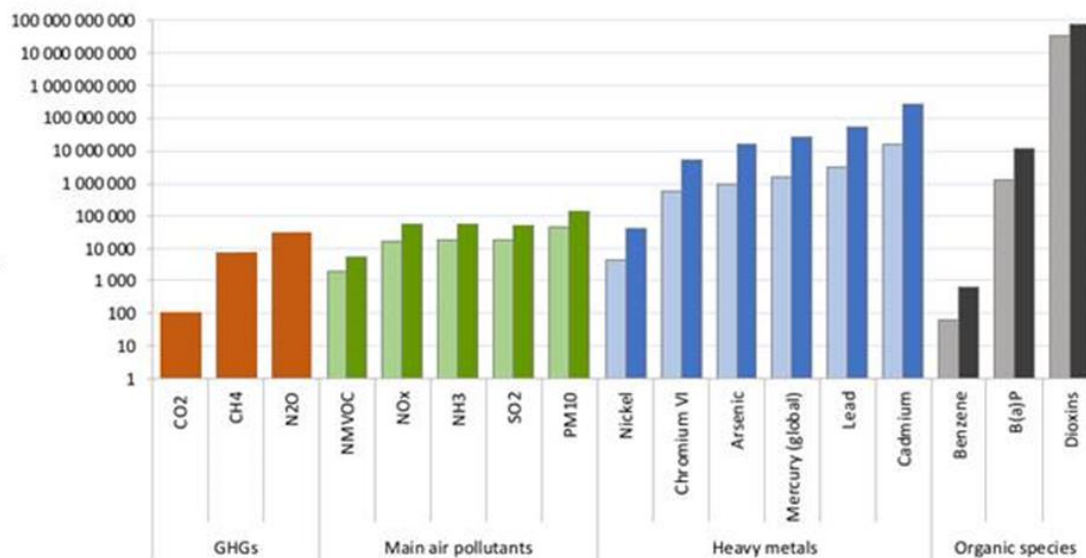
Het Europees Milieuagentschap heeft samen met andere instituten de milieuschadetekosten van luchtmissies berekend. Uit de samenvattende figuur van het rapport<sup>12</sup> (zie hieronder) kan worden afgeleid dat de schadetekosten van de uitstoot van NMVOS aanzienlijk hoger is dan die van benzeen (*logaritmische schaal voor de kosten*) en dat de kosten van bv. NOx in rookgas hoger zijn die van NMVOS. De schadetekostenmethode maakt het mogelijk om extra uitstoot van CO<sub>2</sub>, NOx, ammoniak te beschouwen ten opzichte van minder benzeenuitstoot.

<sup>10</sup> In vergelijking met andere risicofactoren wordt aan aromaten, de groep van verbindingen met benzeen als uitgangspunt, bij de huidige concentraties een beperkt risico toegeschreven. Door benzeen veroorzaakte sterfte in Nederland wordt door De Hollander en Brunekreef (2003) op drie gevallen per jaar geschat. De schatting voor het verlies aan gezondheid gewogen levensjaren (disability adjusted life year, DALY) komt voor benzeen op 140 DALYs/jaar.

<sup>11</sup> The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs); UN Stockholm Convention on POPs.

<sup>12</sup> ETC/ATNI Report 04/2020: Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2017; 18 Aug 2021

Figure 1: Estimates of average damage cost per tonne emitted all air pollutants considered in € (€2019)



Figuur 3.1 – Milieuschadekosten van luchtmissies (ETC/ATNI Report 04/2020; Figure 1; bandbreedte<sup>13</sup>)

## Conclusie

Het schadelijke effect van de VOS-uitstoot door aardolieproducten bij tankopslag op volksgezondheid en natuur hangt in hoofdzaak, *ordegrootte meer dan 99%*, samen met grootschalige luchtverontreiniging en in kleinere mate, *ordegrootte minder dan 1%*, met de eigenschappen van de stoffen die ZZS zijn aangemerkt.

Vanuit risicobenadering voor de volksgezondheid en natuur is het vooral belangrijk om VOS-reductie te realiseren en zijn aanvullende ZZS-maatregelen van ondergeschikt belang. In deze lijn is het belangrijker om VOS-maatregelen te treffen bij grote bronnen dan ZZS-concentraties te verlagen bij kleine bronnen.

## 3.2 Uitstoot naar de lucht

In deze paragraaf worden eerst de emissies volgens de landelijke rapportage van de Emissieregistratie ([www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl)) gepresenteerd, gevolgd door de registratie van de VOTOB-leden.

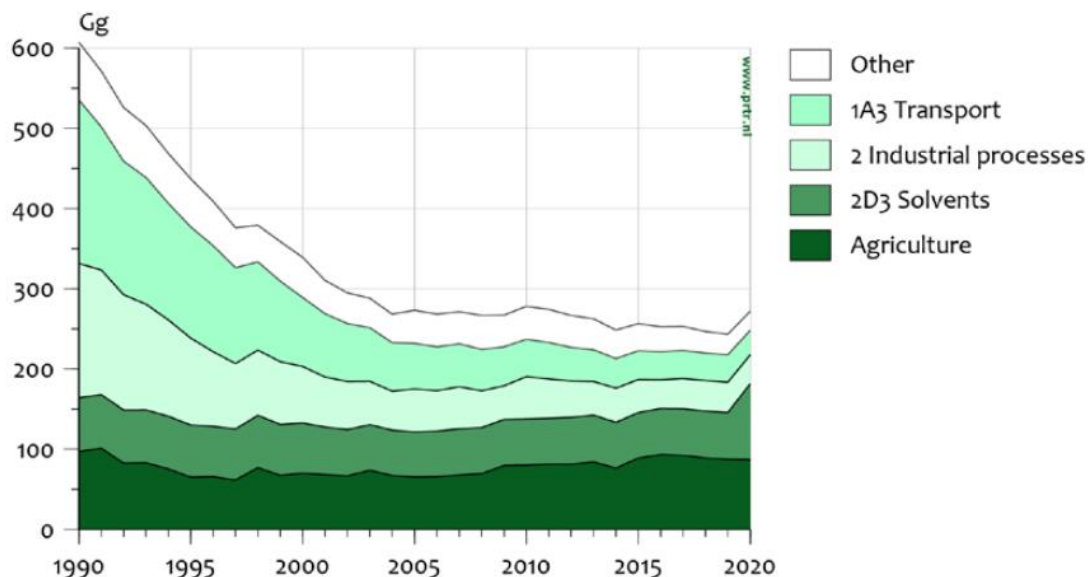
### 3.2.1 Landelijke trend van VOS-emissies

De landelijke trend van de VOS-emissies is in de volgende grafiek aangegeven. De figuur is overgenomen uit het RIVM-rapport *Informative Inventory Report 2021, Emissions of transboundary air pollutants in the Netherlands 1990–2020* <sup>14</sup>.

<sup>13</sup> For 'main' regulatory air pollutants, heavy metals and organic pollutants, the figure presents lower and upper bounds of damage costs per tonne emitted. For the main air pollutants, damage costs are expressed as a range, corresponding to the use of two contrasting but complementary approaches for valuing health damage. The lower values relate to the approach accounting for the value of a life year (VOLY), and the higher values to the approach based on the value of statistical life (VSL). The "low" and "high" damage cost estimates for the main air pollutants, therefore, reflect the different indicator choices. For heavy metals and organic species, however, the low and high damage costs refer to confidence intervals.

<sup>14</sup> RIVM report 2022-0004

## NMVOC emissions



Figuur 3.2 - Landelijke trend van NMVOS-emissies

De grafiek laat duidelijk zien dat de uitstoot van NMVOS sinds 1990 is gehalveerd en dat de uitstoot vanaf 2005 vrijwel gelijk blijft. De afname is vooral gerealiseerd bij de industrie en in het transport. De NMVOS-emissies zijn sinds 1990 (509,7 kton) met 61% gedaald tot een niveau van circa 184,2 kton in 2020. De emissies zijn vooral gedaald door maatregelen in het kader van het Koolwaterstoffen 2000-programma en het Nationaal Reductieplan NMVOS (VROM, 2005). Daarnaast zijn de emissies in de Verkeerssector gedaald doordat de emissie-eisen voor het wegverkeer (Euro-normen) regelmatig zijn aangescherpt. In 2020 is ten opzichte van 2019 de totale uitstoot van NMVOS bij consumenten met 37,1 kton toegenomen door het extra gebruik van handdesinfectiemiddelen (toename 44,4 kton) als gevolg van de Covid19-crisis. Bij wegverkeer heeft de Covid19-crisis gevolg dat de emissies van NMVOS in 2020 ten opzichte van 2019 met 3,2 kton zijn afgenomen.

De NMVOS-emissie voldeed in 2020 aan de relatieve reductiedoelstellingen die gelden voor de periode 2020-2029 (EU Richtlijn 2016/2284<sup>15</sup>; vaak aangeduid als NEC Richtlijn). Echter, voor de periode vanaf 2030 geldt een reductiedoelstelling van 15% ten opzichte van 2005, waar de huidige NMVOS-reductie nog niet aan voldoet<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> RICHTLIJN (EU) 2016/2284 van 14 december 2016 betreffende de vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen, tot wijziging van Richtlijn 2003/35/EG en tot intrekking van Richtlijn 2001/81/EG

<sup>16</sup> Doelstelling vanaf 2030 bedraagt 167,8 kton/jaar voor Nederland.



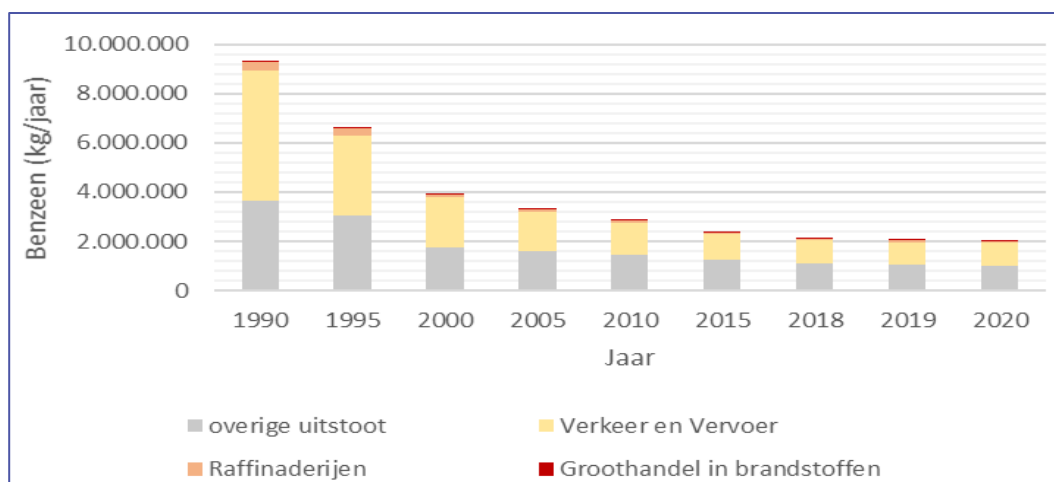
### 3.2.2 Landelijke trend van ZZS-emissies

De Emissieregistratie<sup>17</sup> beslaat niet alleen VOS maar ook een aantal enkelvoudige verbindingen, waarvan met name benzeen en naftaleen van belang zijn voor dit onderzoek om uitstoot van de sector in landelijk perspectief te plaatsen. De landelijke trend van de benzeen- en naftaleenemissies is in de volgende grafieken aangegeven [ref. Emissieregistratie<sup>18</sup>].

#### Benzeen

Figuur 3.3 laat zien dat de uitstoot van benzeen sinds 1990 met meer dan drie kwart is afgenomen. De afname is vooral gerealiseerd bij het verkeer. Deze daling is vooral het gevolg van de invoering van de geregelde driewegkatalysator in begin van de jaren negentig, technische verbeteringen aan personenwagens en de verlaging van het benzeengehalte in benzine. Per 1 januari 2000 is het toegestane benzeengehalte in benzine verlaagd van 5% naar 1%.

De emissies van Tankopslag<sup>19</sup> bedragen 10.000 kg/jaar (2020) en dragen voor minder dan 1% bij aan het landelijk totaal. De Emissieregistratie geeft voor de aanverwante activiteit 'varend ontgassen' een emissie in dezelfde orde van grootte aan (16.430 kg/jaar in 2020; referentie: Emissieregistratie).



Figuur 3.3 - Landelijke trend van benzeenemissies

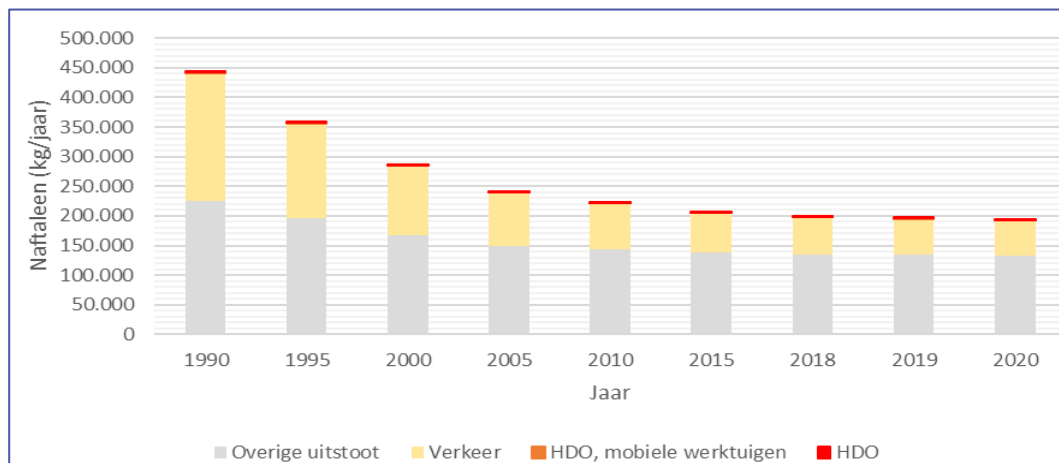
<sup>17</sup> [www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl) datum : 09-02-2022

<sup>18</sup> <https://www.emissieregistratie.nl/data/bronnentop10>

<sup>19</sup> Tankopslag is onderdeel van SBI 46.71: Groothandel in brandstoffen en overige minerale olieproducten

## Naftaleen

De volgende grafiek laat duidelijk zien dat de uitstoot van naftaleen sinds 1990 meer dan gehalveerd is. De afname is vooral gerealiseerd bij het verkeer. De emissies van HDO<sup>20</sup>, waarvan tankopslag<sup>21</sup> een deel is, dragen voor minder dan 0,1% bij aan het landelijk totaal.



Figuur 3.4 - Landelijke trend van naftaleenemissies

### 3.2.3 Tankopslagsector en ZZS-emissies

#### 3.2.3.1 Inventarisatie 2020-2021

Zoals in paragraaf 2.1.5.3 is aangegeven hebben de tankopslagbedrijven de uitstoot van ZZS berekend en gerapporteerd aan de betreffende bevoegde instantie. De berekening is meestal uitgevoerd op basis van een geschat gehalte van een ZZS in de producten (vloeistof) en emissieberekening volgens het Handboek Milieumonitor 14 (zie ook paragraaf 2.4).

Op verzoek van de bevoegde instanties is gebruik gemaakt van de veiligheidsinformatiebladen (SDS) en gehalte in de vloeistof van raffinaderijstromen volgens API-4723-A (en de 'most likely value' in dit document)<sup>22</sup>. In een aantal gevallen is voor benzine gebruik gemaakt van het gehalte in de damp volgens EPA-420-R-11-018<sup>23</sup>.

Deze ZSS-inventarisatie is niet zonder meer bruikbaar om een goed beeld van de werkelijke uitstoot te krijgen. De belangrijkste kanttekeningen in dit opzicht zijn:

- Overschatting door conservatieve aanname voor het gehalte:
  - De veiligheidsbladen geven een bandbreedte aan, waarbij vaak de bovenkant is gekozen
  - Meerdere raffinaderijstromen zijn beschouwd voor één product, waarbij de hoogste waarde van elke stroom is gehanteerd
- Onderschatting doordat niet alle vier ZZS bij elke terminal zijn beschouwd

Het VOTOB-onderzoek (ref. <sup>24</sup>) biedt inzicht in het gehalte van de belangrijkste ZZS in de aardolieproducten van de tankopslagsector. De resultaten van dat onderzoek zijn gebruikt om de

<sup>20</sup> Zonder de mobiele bronnen

<sup>21</sup> Tankopslag is onderdeel van SBI 46.71: Groothandel in brandstoffen en overige minerale olieproducten

<sup>22</sup> API-4723-A ; Refinery Stream Composition Data; 1 december 2018

<sup>23</sup> US EPA; EPA-420-R-11-018 Hydrocarbon Composition of Gasoline Vapor Emissions from Enclosed Fuel Tanks; december 2011

<sup>24</sup> TAUW-rapport; ZZS in aardolieproducten; Vereniging van Nederlandse Tankopslagbedrijven; eindconcept, 4 februari 2022

opgave van de ZZS-inventarisatie geschikt te maken voor het doel, namelijk een betere benadering van de werkelijke uitstoot naar de lucht in beeld brengen.

De afzonderlijke inventarisaties zijn samengevoegd in een database waarbij de emissies zo veel mogelijk zijn gesplitst naar:

- Locatie en aard van de bron:
  - Dampverwerking (DVI)
  - Lekverliezen
  - Opslagtank (vast dak, intern/extern drijvend dak)
  - Verlading (laden van schip, spoorketel, tankwagens)
- Product (20 productgroepen)
- ZZS (vier stoffen)

De opgave is aangevuld met de ontbrekende ZZS zodat alle vier ZZS zijn beschouwd en aangepast volgens de recente inzichten in het gehalte aan ZZS in aardolieproducten van de tankopslagsector. Daarbij is per terminal nagegaan hoe de emissies zijn berekend om vervolgens een geschikte methode te kunnen kiezen voor de nodige aanpassing.

De berekende uitstoot van benzeen, 1,3-butadieen, isopreen en naftaleen door de VOTOB-leden in de volgende tabellen zijn aangegeven per product en per brontype.

### 3.2.3.2 Inventarisatie 2020-2021 per productgroep

De producten in de tabel hierna zijn gerangschikt naar grootte van de benzeenemissie.

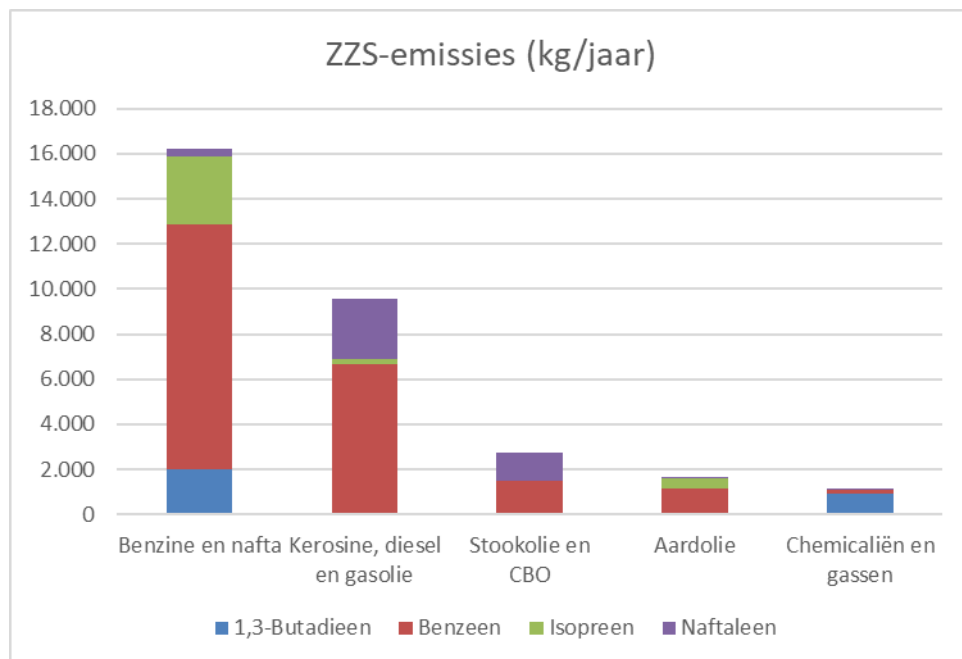
Tabel 3.2 – Uitstoot van 4 ZZS door de VOTOB-leden (2020-2021) per productgroep

| Product                     | 1,3-Butadieen<br>[kg/jaar] | Benzeen<br>[kg/jaar] | Isopreen<br>[kg/jaar] | Naftaleen<br>[kg/jaar] | Som 4 ZZS<br>[kg/jaar] |     |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----|
| Benzine en nafta            | 2.023                      | 10.825               | 3.016                 | 358                    | 16.223                 | 52% |
| Kerosine, diesel en gasolie |                            | 6.651                | 221                   | 2.673                  | 9.545                  | 31% |
| Stookolie*                  |                            | 1.485                |                       | 1.233                  | 2.718                  | 9%  |
| Aardolie                    |                            | 1.119                | 490                   | 0                      | 1.609                  | 5%  |
| Chemicaliën en gassen       | 917                        | 169                  | 2                     | 2                      | 1.090                  | 3%  |
| <b>Totaal</b>               | <b>2.940</b>               | <b>20.249</b>        | <b>3.729</b>          | <b>4.266</b>           | <b>31.184</b>          |     |

\* waaronder 'carbon black oil'

Er kan worden opgemerkt dat de benzeenemissie volgens de eigen inventarisatie van VOTOB-leden een factor twee hoger is dan de 10.000 kg/jaar die de Emissieregistratie aangeeft voor de emissie uit Tankopslag (SBI 46.71: Groothandel in brandstoffen en overige minerale olieproducten). De resultaten van de recente ZZS-inventarisatie zijn nog niet verwerkt in de Emissieregistratie van 2021.

Bovenstaande tabel is in de volgende figuur weergegeven.



*Figuur 3.5 - Uitstoot van 4 ZZS door de VOTOB-leden (2020-2021) per productgroep*

### 3.2.3.3 Inventarisatie 2020-2021 per brontype

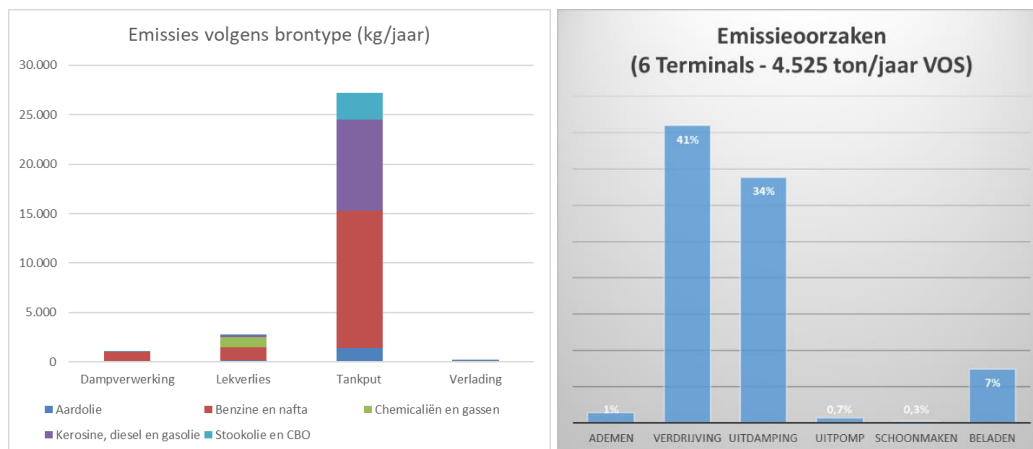
De producten in de tabel hierna zijn gerangschikt naar grootte van de emissies.

*Tabel 3.3 – Uitstoot van 4 ZZS door de VOTOB-leden (2020-2021) per brontype*

| Productgroep                | Dampverwerking<br>[kg/jaar] | Lekverlies<br>[kg/jaar] | Opslagtanks<br>[kg/jaar] | Verlading<br>[kg/jaar] |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| Benzine en nafta            | 1.004                       | 1.286                   | 13.868                   | 65                     |
| Kerosine, diesel en gasolie | 0                           | 255                     | 9.212                    | 77                     |
| Stookolie en CBO            | 1                           | 1                       | 2.655                    | 61                     |
| Aardolie                    | 42                          | 174                     | 1.393                    |                        |
| Chemicaliën en gassen       | 0                           | 1.034                   | 55                       | 0                      |
| <b>Totaal</b>               | 1.046                       | 2.751                   | 27.183                   | 204                    |
|                             | 3%                          | 9%                      | 87%                      | 1%                     |

Het leeuwenaandeel van de ZSS-emissies is afkomstig van de opslagtanks. Dit betreft vooral uitdamping langs afdichtingen aan drijvende daken en verdrijvingsverliezen bij het wisselen van product (daklandingen). Dit beeld wordt bevestigd door de gegevens van Caruso<sup>25</sup>. De emissieoorzaken zijn in de volgende figuur aangegeven.

<sup>25</sup> K1-producten bij 4 bedrijven: ETAS, EVOS Amsterdam West, Standic en VOPAK Terminal Botlek



Figuur 3.6 - Emissieoorzaken van de vier ZZS (links gebaseerd op alle emissies; rechts op een selectie volgens Caruso-gegevens)

Bovenstaande laat zien dat opslagtanks de grootste bron zijn door zowel verdrijvings- als uitdampingsverliezen. Verdrijvingsverliezen hangen samen met vastdaktanks, het schoonmaken (vooral voor productwisselingen) en vullen van de tank als het dak nog niet op de vloeistof drijft ('daklandingen'). Uitdampingsverliezen treden op bij de afdichtingen van een drijvend dak (dakrand en doorvoeringen).

Daarbij moet worden opgemerkt dat een aantal emissieoorzaken niet is gekwantificeerd maar er mag worden verwacht dat deze het beeld niet zullen wijzigen. Het gaat bijvoorbeeld om:

- Incidenten en zuigwagens<sup>26</sup>
- Homogeniseren met stikstof of lucht

### 3.3 Verspreiding en luchtkwaliteit

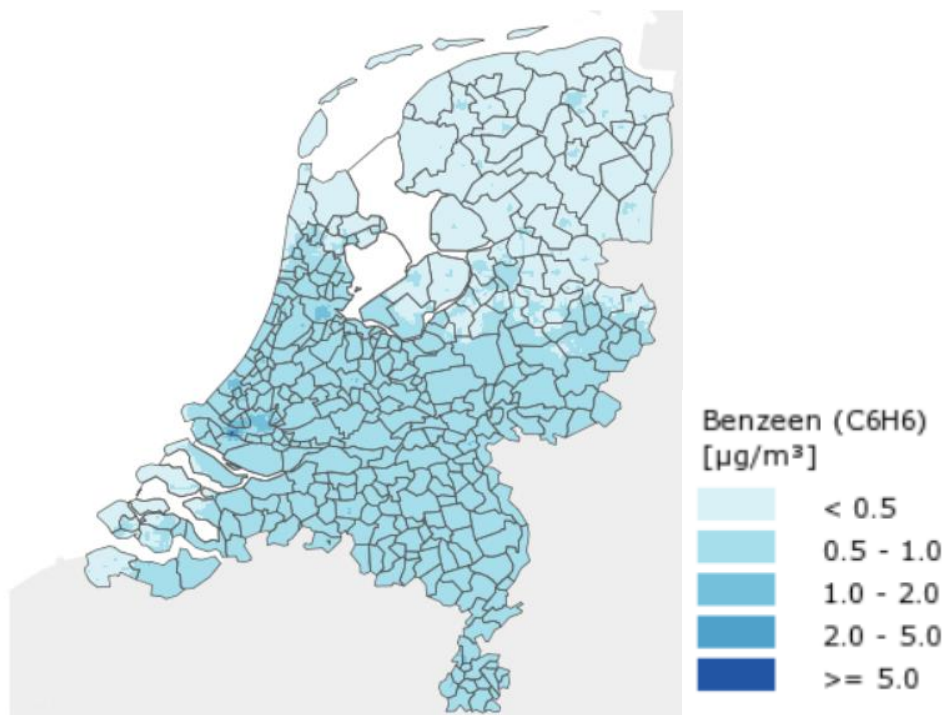
In deze paragraaf worden eerst de landelijk gemeten en berekende concentraties van benzeen in de lucht gepresenteerd, gevolgd door metingen in Rijnmond (benzeen, naftaleen) en het Amsterdamse havengebied (benzeen). De concentraties van isopreen en 1,3-butadien in de lucht worden niet systematisch gemeten.

#### 3.3.1 Gemeten benzeenconcentratie in de lucht

In het kader van luchtkwaliteit wordt van de vier ZZS alleen de concentratie van benzeen gemeten door het RIVM. De jaargemiddelde grenswaarde voor benzeen bedraagt 5 µg/m<sup>3</sup> (in de toekomst 3,4 µg/m<sup>3</sup> als het voorstel van de Europese Commissie voor de nieuwe richtlijn luchtkwaliteit van 26 oktober 2022 wordt aangenomen); de streefwaarde 1 µg/m<sup>3</sup>. Figuur 3.7 laat de benzeenconcentraties in Nederland zien (grootschalige concentratiekaart van Nederland; GCN<sup>27</sup>).

<sup>26</sup> DCMR voert een onderzoek uit naar de emissies van incidenten en zuigwagens. De resultaten waren nog niet beschikbaar ten tijde van het opstellen van dit rapport.

<sup>27</sup> <https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten>

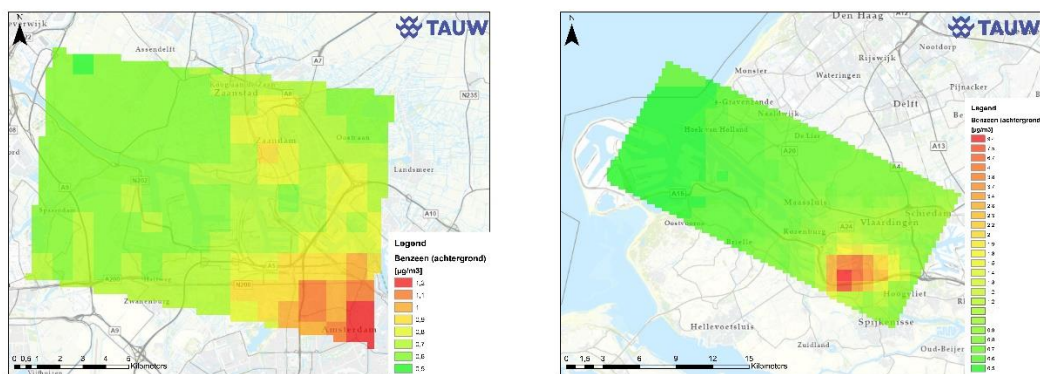


Figuur 3.7 - Concentratie van benzeen in Nederland in 2021

De kaart laat het volgende beeld zien:

- Regio 0,3-0,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Steden: 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

De hoogste concentraties komen met name in steden voor en worden daar in belangrijke mate bepaald door verkeer. Benzeen heeft een levensduur van enkele dagen in de atmosfeer. Hierdoor is ruim de helft van het in de Nederlandse lucht aanwezige benzeen afkomstig van buitenlandse bronnen<sup>28</sup>. In de industriegebieden van bv. Amsterdam en Rotterdam zijn de benzeenconcentraties lager dan in de steden zelf, zoals uit de kaart kan worden opgemaakt.

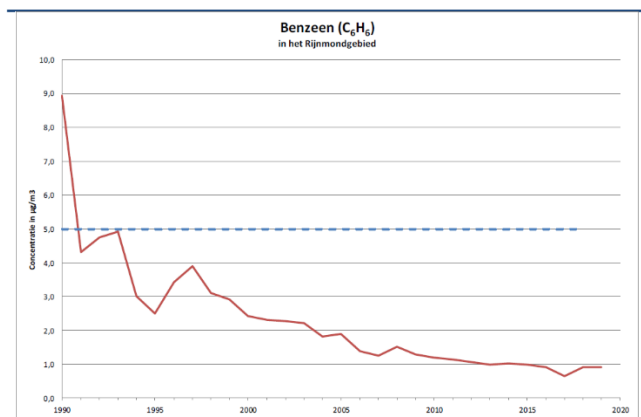


Figuur 3.8 - Concentratie van benzeen in het Amsterdamse havengebied en in Rijnmond in 2021

<sup>28</sup> Milieucompendium, Benzeen in lucht, 1995-2013

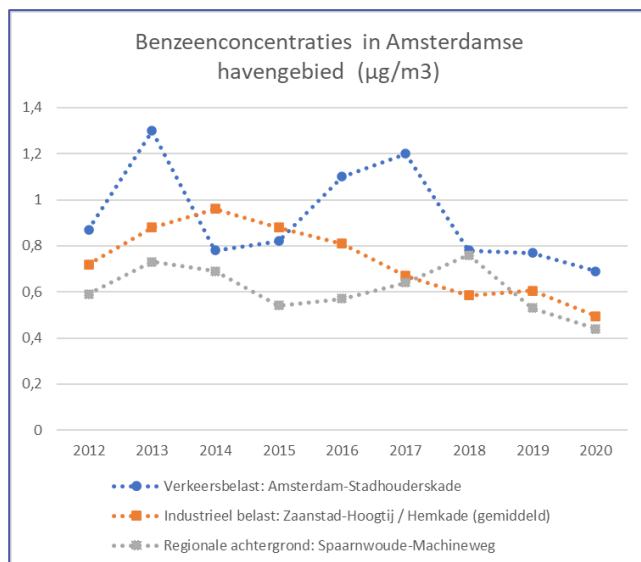
## Rijnmond

De trend in benzeenconcentraties in het Rijnmondgebied is in Figuur 3.9 aangegeven (Referentie: DCMR, lucht in cijfers 2019). De metingen laten zien dat de benzeenconcentratie op het niveau van de streefwaarde ligt.



Figuur 3.9 -Gemiddelde benzeenconcentratie gebaseerd op meetstations Schiedam, Hoogvliet en Maassluis

De metingen van de GGD Amsterdam<sup>29</sup> in het havengebied laten een vergelijkbare trend zien voor de periode 2012-2020. Daarnaast laten de metingen zien dat de hoogste concentraties samenhangen met verkeer en in mindere mate met de industrie. De gekozen meetlocaties (Hemkade en Hoogtij) liggen tegenover een aantal tankopslagbedrijven.



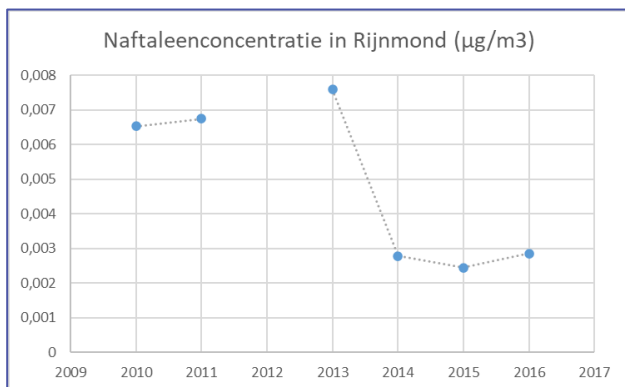
Figuur 3.10 -Jaargemiddelde benzeenconcentratie in het Amsterdamse havengebied (GGD)

<sup>29</sup> Rapportage Luchtmetingen in het Havengebied Amsterdam: 2012 (GGD/LO 13-1117); 2013 (GGD/LO 14-1103); 2014 (15-1112); 2015 (16-1106); 2016 (17-1108); 2017 (18-1107); 2018 (19-1101); 2019 (20-1113); 2020 (21-1116)



### 3.3.2 Gemeten naftaleenconcentratie in de lucht

DCMR heeft een aantal jaren ook de naftaleenconcentratie in de lucht gemeten (zie volgende tabel). De gemeten concentraties zijn laag (ordegrootte 0,01%) ten opzichte van de toelaatbare concentratie in lucht (TCL) van 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

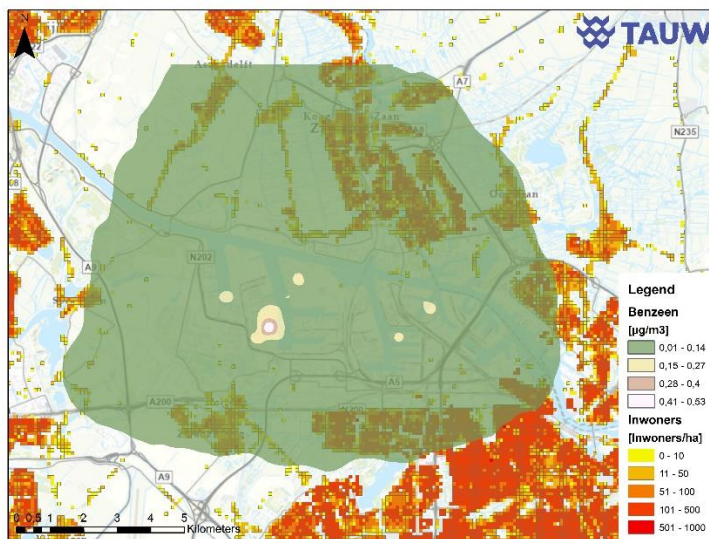


*Figuur 3.11 -Gemiddelde naftaleenconcentratie gebaseerd op meetstations Schiedam, Hoogvliet en Maassluis*

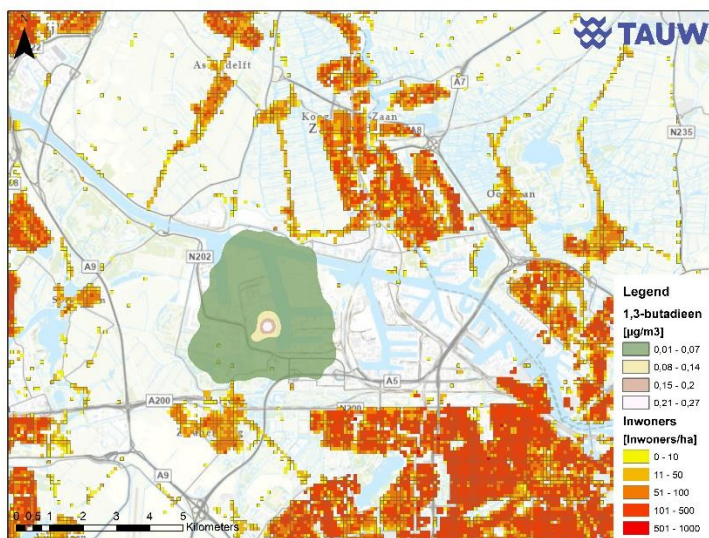
### 3.3.3 Berekende verspreiding

De verspreiding van de ZZS-emissies van de VOTOB-leden in Rijnmond en de Amsterdamse haven is berekend volgens het Nieuw Nationaal Model met het softwarepakket Geomilieu versie V2021. De berekende bijdrage aan de concentraties in de lucht (immissie) is berekend voor een rechthoekig raster, waaruit vervolgens door interpolatie, isoconcentratiecontouren zijn afgeleid. De resultaten zijn gepresenteerd in de volgende figuren.

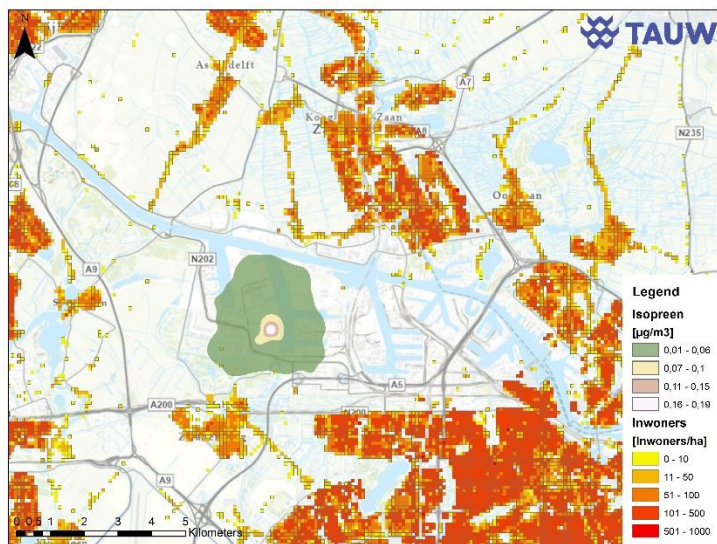
## Benzeen



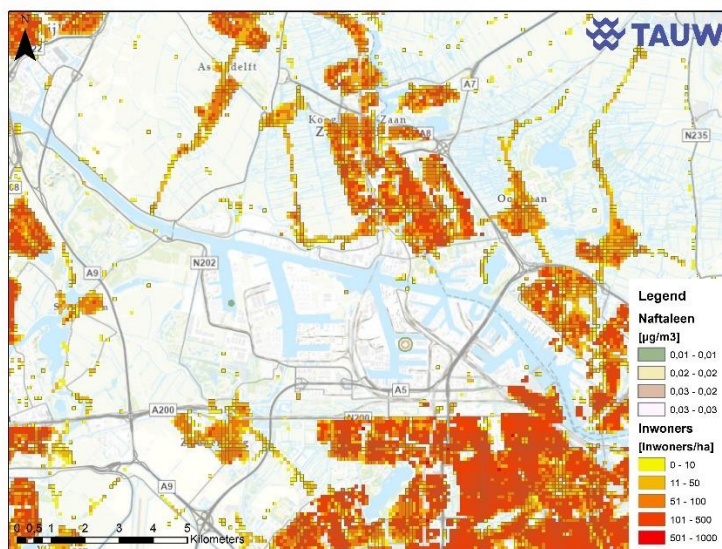
## 1,3-butadien



## Isopreen



## Naftaleen

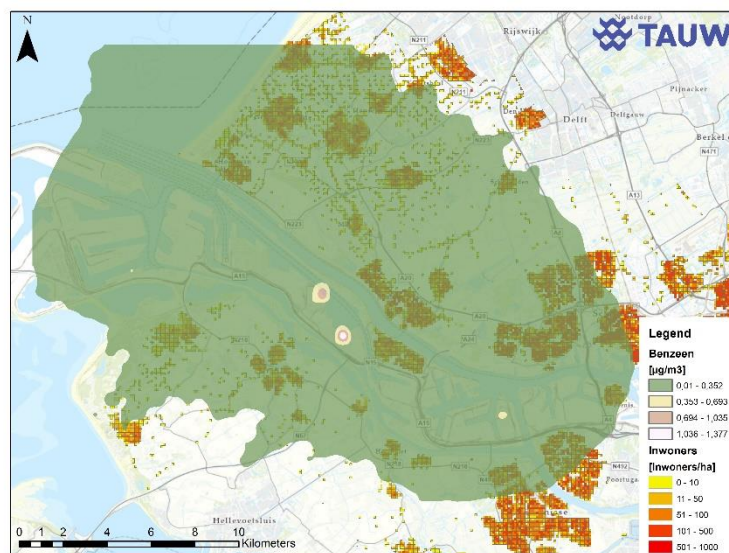


Figuur 3.12 - Jaargemiddelde bijdrage aan ZZS-concentraties in het Amsterdamse havengebied door VOTOB-leden

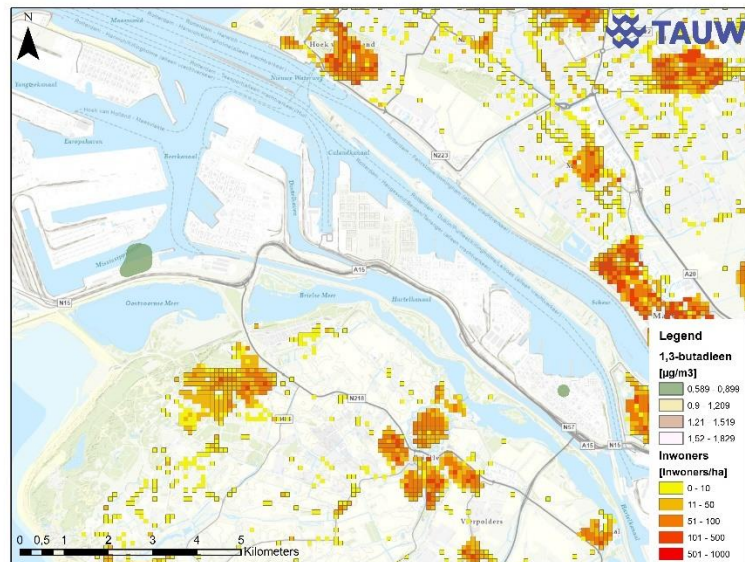
De verspreiding van ZZS-emissies in Rijnmond door de VOTOB-leden is in de volgende kaarten aangegeven.



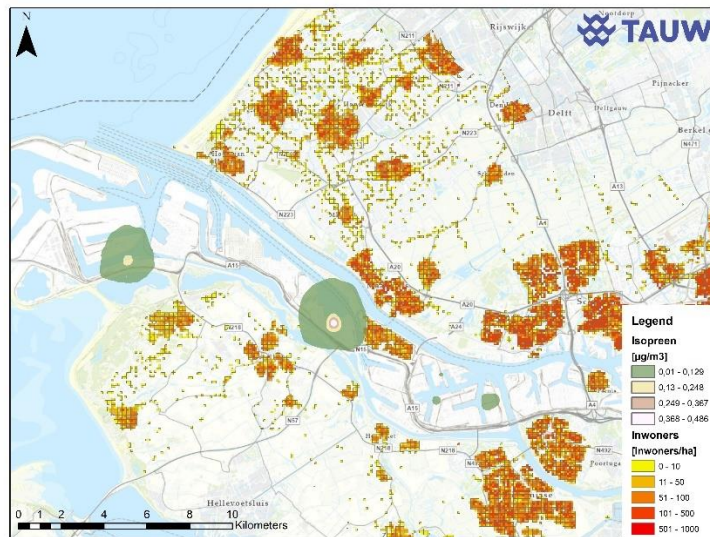
## Benzeen



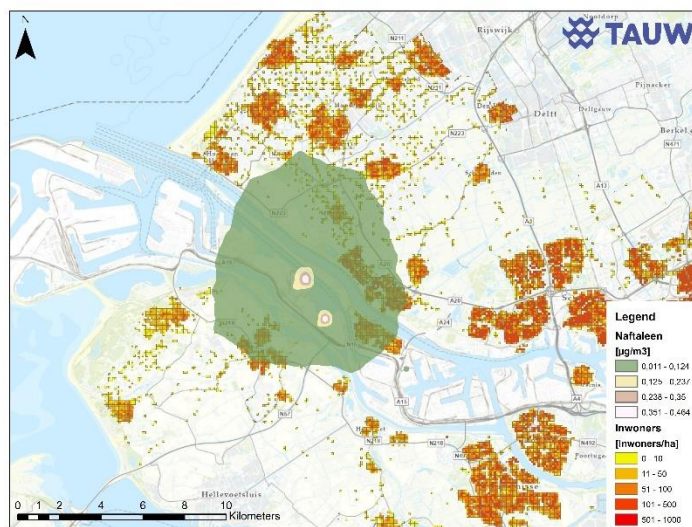
## 1,3-butadien



## Isopreen



## Naftaleen



Figuur 3.13 - Jaargemiddelde bijdrage aan ZZS-concentratie in Rijnmond door VOTOB-leden

### 3.3.4 Effect op gezondheid

#### 3.3.4.1 Toelichting

De vier beschouwde stoffen zijn vooral omwille van hun kankerverwekkende eigenschap als ZZS ingedeeld, waarbij moet worden opgemerkt dat voor zover bekend naftaleen niet kankerverwekkend is of ZZS-eigenschappen bezit.

#### **Naftaleen**

Het RIVM<sup>30</sup> geeft het volgende aan over naftaleen dat een vluchtige PAK is. *Ook al hebben de vluchtige PAK's een ZZS-status vanwege de POP-verordening, ze voldoen op individuele basis niet aan de ZZS-criteria voor carcinogeniteit, mutageniteit of reproductietoxiciteit (CMR Categorie 1). Ze dragen niet, of vanwege de lage potentie maar beperkt, bij aan het carcinogene risico van PAK's. Wanneer er bijvoorbeeld zorgen zijn vanwege relatief hoge concentraties vluchtige PAK's in combinatie met stankoverlast, is dat waarschijnlijk te wijten aan naftaleen. Deze stof heeft van de vluchtige PAK's de sterkste geur. Voor naftaleen heeft het RIVM in 2007 een Toelaatbare Concentratie in Lucht (TCL) van 25 µg/m<sup>3</sup> afgeleid, op een manier vergelijkbaar met een MTR afleiding. Lokale effecten op het neusslijmvlies en dus niet carcinogeniteit, waren het meest kritische effect (Dusseldorp & Van Bruggen, 2007). Deze waarde is (nog) niet officieel vastgesteld, maar kan gebruikt worden om een individuele immissie van naftaleen te toetsen en is ook beschermend voor het risico op carcinogeniteit.*

#### **Gecombineerd effect**

Blootstelling aan combinaties van luchtverontreinigende stoffen is onvermijdelijk. De gegevens over de effecten van gelijktijdige blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen zijn echter zeer beperkt en het is niet mogelijk om voor dergelijke combinaties het gezondheidseffect te kwantificeren. De VOS-maatregelen leiden uiteraard tot een verlaging van concentraties van alle ZZS.

#### **Toetswaarden**

Het effect van kankerverwekkende stoffen wordt gebruikelijk aangeduid met een relatie tussen dosis en kans op voortijdig overlijden. De dosis wordt beschouwd voor blootstelling aan een jaargemiddelde concentratie gedurende een mensenleven. Zo is bijvoorbeeld voor benzeen een relatie afgeleid van  $6 \cdot 10^{-6}$  per µg/m<sup>3</sup>, wat bij de streefwaarde van 1 µg/m<sup>3</sup> overeenkomt met een kans op extra kanker in een mensenleven van 1 op 166.667.

Bij het vaststellen van het maximaal toelaat risico (MTR) hanteert het RIVM normaalgesproken een extra kans op kanker in een mensenleven van 1 op 10.000. Het is gebruikelijk om 1% van het MTR te hanteren als maat voor het verwaarloosbaar risico (VR), wat dan overeenkomt met een extra kans op kanker in een mensenleven van 1 op 1.000.000. De toetswaarden zijn in de volgende tabel aangegeven.

<sup>30</sup> RIVM Memo Luchtnormen voor PAK's; 20-01-2022

Tabel 3.4 Toetswaarden voor extra kankerrisico

| Stof         | Toetswaarde    | Referentie                                                                                                                          | Extra kankerrisico<br>[aantal per leven]                                                                                                         |
|--------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1,3-Butadien | 3<br>0,03      | <ul style="list-style-type: none"> <li>MTR (bijlage 13 van Activiteitenregeling)</li> <li>1% van MTR</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 op 10.000 (RIVM <sup>31</sup>)</li> <li>1 op 1.000.000 (afgeleid)</li> </ul>                            |
| Benzeen      | 5<br>1<br>0,17 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Grenswaarde</li> <li>Streefwaarde</li> <li>WHO 1/1.000.000 'excess lifetime risk'</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 op 33.333 (afgeleid)</li> <li>1 op 166.667 (WHO <sup>32</sup>)</li> <li>1 op 1.000.000 (WHO)</li> </ul> |
| Isopreen     | 225<br>2,25    | <ul style="list-style-type: none"> <li>MTR (bijlage 13 van Activiteitenregeling)</li> <li>1% van MTR</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>1 op 10.000 (RIVM <sup>33</sup>)</li> <li>1 op 1.000.000 (afgeleid)</li> </ul>                            |
| Naftaleen*   | 25<br>0,25     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toelaatbare concentratie in lucht</li> <li>1% van TCL</li> </ul>                             | Onbekend, maar voor zover er een effect is, minder dan de voorgenoemde stoffen                                                                   |

\* Beperkt bewijs van carcinogeniteit (categorie 2)

### Blootstelling en bijdrage

In deze studie is de blootstelling berekend voor de huidige situatie. Gelet op de getroffen maatregelen was de absolute bijdrage door de VOTOB-leden in het verleden hoger en in de toekomst zal die afnemen door de geplande VOS-maatregelen.

Alleen voor benzeen kan de totale concentratie, bijdrage van alle bronnen, worden aangegeven. Voor de overige stoffen kan alleen de bijdrage worden berekend. De blootstelling van de omwonenden aan de ZZS-concentraties als gevolg van de uitstoot bij de VOTOB-leden is berekend voor de Rotterdamse en Amsterdamse haven per gebied van 100 m bij 100 m. Het aantal bewoners is per gebied van 100 m bij 100 m bekend uit de registratie van het CBS (jaar: 2018).

### Verwijdering uit de atmosfeer

De beschouwde stoffen worden in de atmosfeer afgebroken. Dit wordt met een halfwaardetijd aangegeven. De halfwaardetijd is afhankelijk van de meteorologische omstandigheden. Bijvoorbeeld voor 1,3-butadien wordt een halfwaardetijd van 2,4-45 uur aangegeven. Het effect van de atmosferische afbraak van de ZZS is niet in de berekeningen beschouwd.

#### 3.3.4.2 Kans op extra kanker in de bevolking

De hoogste bijdrage betreft locaties waar relatief weinig mensen wonen. Verder weg van de tankopslagbedrijven zijn er gebieden met beduidend meer mensen die daar dan aan een lagere bijdrage zijn blootgesteld. Om een indicatie te krijgen van de totale kans op een extra kanker geval in een mensenleven is voor elk vak van 100 bij meter met bewoning de bijdrage berekend en de kans berekend. Het effect van de bijdrage aan de ZZS-concentraties op de volksgezondheid door de uitstoot van de VOTOB-leden ten aanzien van extra kans op kanker is in de volgende tabel samengevat. De toetswaarde afgeleid voor een extra kans van 1 op 1.000.000 op kanker in een mensenleven is aangegeven evenals de maximale bijdrage op een locatie met bewoners.

<sup>31</sup> Luchtnormen voor Zeer Zorgwekkende Stoffen, Herziening van milieukwaliteitsnormen; RIVM Briefrapport 2014-0039; C.E. Smit, M.P.M. Janssen

<sup>32</sup> Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, 2000 ; WHO regional publications. European series ; No. 91

<sup>33</sup> RIVM-VSP advies 14417A00; 11-04-2017

Tabel 3.5 – Effect van de bijdrage aan de ZZS-uitstoot op de volksgezondheid

| Parameter                                                | Eenheid           | Benzeen | 1,3-buta-<br>dieen | Isopreen | Naftaleen |
|----------------------------------------------------------|-------------------|---------|--------------------|----------|-----------|
| Toetswaarde:                                             |                   |         |                    |          |           |
| - kans op extra kanker: 1/1.000.000                      | µg/m <sup>3</sup> | 0,17    | 0,03               | 2,25     | -         |
| - 1% van toelaatbare concentratie                        | µg/m <sup>3</sup> |         |                    |          | 0,25      |
| Hoogste bijdrage                                         |                   |         |                    |          |           |
| - Amsterdam                                              | µg/m <sup>3</sup> | 0,048   | 0,019              | 0,014    | 0,001     |
| - Rotterdam                                              | µg/m <sup>3</sup> | 0,079   | 0,0004             | 0,011    | 0,034     |
| Aantal inwoners boven toetswaarde                        |                   |         |                    |          |           |
| - Amsterdam                                              | Aantal            | 0       | 0                  | 0        | 0         |
| - Rotterdam                                              | Aantal            | 0       | 0                  | 0        | 0         |
| Indicatie van extra kankergevallen<br>(orde van grootte) |                   |         |                    |          |           |
| - Amsterdam                                              | Aantal/leven      | 0,07    | 0,07               | 0,0009   | -         |
| - Rotterdam                                              | Aantal/leven      | 0,07    | 0,05               | 0,0007   | -         |

### 3.4 Samenvatting

#### 3.4.1 Conclusies

Uit de berekening en analyse van de gerapporteerde emissies kunnen de volgende conclusies worden getrokken voor de uitstoot naar de lucht door de tankopslagbedrijven:

- Bijdrage aan landelijke emissies van VOS en ZZS is kleiner dan 1%
- ZZS-emissies zijn vooral afkomstig van 1) benzine en nafta (ca. de helft) en 2) kerosine, diesel en gasolie (ca. een derde)
- Emissies ontstaan in hoofdzaak bij opslagtanks (grootteorde 90%)

Uit de analyse van metingen van de concentratie aan ZZS in de buitenlucht en de berekende bijdrage aan de ZZS-concentratie door de uitstoot van tankopslagbedrijven kunnen volgende conclusies worden getrokken voor de luchtkwaliteit in het havengebied van Rijnmond en Amsterdam:

- Gemeten benzeenconcentratie voldoet ordegrootte aan de wettelijke streefwaarde
- Gemeten naftaleenconcentratie is klein (0,01%) ten opzichte van de toelaatbare concentratie in lucht (TCL; vastgesteld door RIVM) in Rijnmond, wat waarschijnlijk ook geldt voor Amsterdam
- Bijdrage door de VOTOB-leden bij woningen is ten hoogste
  - Benzeen: 0,08 µg/m<sup>3</sup> t.o.v. ca. 0,6 µg/m<sup>3</sup> als achtergrond en 1 µg/m<sup>3</sup> als streefwaarde
  - 1,3-butadieen, isopreen en naftaleen: kleiner dan 1% van de waarde voor het maximaal toelaatbaar risico

Uit de bepaling van het effect op de volksgezondheid door de uitstoot van de tankopslagbedrijven kunnen volgens de correlatiemethode van het RIVM de volgende conclusies worden getrokken:

- VOS als onderdeel van grootschalige luchtverontreiniging is bepalend voor het effect op de volksgezondheid; het effect van ZZS op volksgezondheid is kleiner dan 1% t.o.v. grootschalige luchtverontreiniging



- Aandeel in concentraties van benzeen, 1,3-butadien en isopreen bij woningen leidt tot een kans kleiner dan 1 op 1.000.000 op een kankergeval in een mensenleven. Deze risicoberekening is niet mogelijk voor naftaleen omdat er geen correlatie voor kans op kanker is vastgesteld. Het RIVM geeft aan dat naftaleen niet aan de ZZS-criteria voldoet en dat de toelaatbare concentratie in lucht is gebaseerd op lokale effecten op het neusslijmvlies als zijnde het meest kritische effect en dus niet carcinogeniteit

### 3.4.2 Discussie

#### Risicobenadering

De classificatie van een stof als ZZS is gebaseerd op zorgwekkende eigenschappen<sup>34</sup>. Of een ZZS zorgwekkend is voor de volksgezondheid of de natuur hangt niet alleen af van de eigenschap maar ook van de mate en de blootstelling. Zo is bijvoorbeeld het kankerverwekkend vermogen van benzo(a)pyreen ca. 14.000 keer sterker dan dat van benzeen (de relatie van beide ZZS is goed gedocumenteerd; WHO, Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, 2000). Daarnaast zijn er ZZS die geen ZZS-eigenschappen hebben zoals naftaleen, een van de vluchtige PAK-verbindingen. PAK-verbindingen als groep hebben wel ZZS-eigenschappen.

In het huidige milieubeleid wordt geen onderscheid gemaakt in de mate waarin een stof zorgwekkend is. Bijvoorbeeld, de emissiegrenswaarde voor alle stofvormige/dampvormige ZZS is gelijk. De Omgevingsdiensten interpreteren de minimalisatieverplichting van het Activiteitenbesluit als streven naar een 'nulmissie' ongeacht of dit een verbetering van de leefomgeving leidt en ongeacht of dit nadelige afwenteleffecten heeft op 'klassieke' luchtverontreinigende stoffen en andere milieuaspecten.

Een risicobenadering met toetsing aan de waarden voor het maximaal toelaatbaar risico en het verwaarloosbaar risico kan helpen om een maximale verbetering te bereiken voor gezondheid en natuur bij investeringen in emissiebeperkende technieken.

#### Onzekerheid

Het gehalte aan ZZS in de damp van K3-K4-producten (kerosine, gasolie, stookolie) is onbevredigend bekend. Aanbevolen wordt om dit nader te analyseren.

De concentratie van andere ZZS dan benzeen in de omgevingslucht bij woningen in het Amsterdamse havengebied en Rijnmond is niet bekend. Aanbevolen wordt om het monitoringsprogramma voor luchtkwaliteit uit te breiden met een aantal ZZS, waaronder isopreen en 1,3-butadien. Dit zal helderheid verschaffen of de concentraties aan ZZS al dan niet zorgwekkend zijn voor de volksgezondheid.

<sup>34</sup> Artikel 2.3b van het Activiteitenbesluit milieubeheer definieert een zeer zorgwekkende stof (ZZS) als een stof die voldoet aan een of meer van de criteria of voorwaarden, bedoeld in artikel 57 van EG-verordening registratie, evaluatie en autorisatie van chemische stoffen (Europese REACH Verordening 1907/2006). Deze criteria zijn:

- Kankerverwekkend (C, Carcinogeniteit), categorie 1a of 1b
- Mutageen (M, Mutageniteit), categorie 1a of 1b
- Giftig voor de voortplanting (R, Reproductietoxiciteit), categorie 1a of 1b
- Persistent, bioaccumulerend en giftig (PBT)
- Zeer persistent en zeer bioaccumulerend (vPvB)
- Of van soortgelijke zorg (zoals hormoonverstorende stoffen).

## 4 Maatregelen

*In dit hoofdstuk worden de emissiebeperkende maatregelen beschouwd, waaronder rendement, kosten en afwenteleffecten. Voor de kostenindicatie is gebruik gemaakt van de 'Factsheets diffuse tankemissies' (zie paragraaf 2.2).*

### 4.1 Beschikbare maatregelen

*In deze paragraaf hoofdstuk worden eerst de maatregelen voor VOS beschouwd, gevolgd door maatregelen die uitsluitend ZZS betreffen.*

#### 4.1.1 Minimumeisen

Zoals in het vorige hoofdstuk aangegeven hangen de negatieve effecten van de dampen van aardolieproducten op de volksgezondheid en natuur vooral samen met de eigenschappen van VOS. Door de uitstoot van VOS verder terug te dringen zal ook de uitstoot van ZZS navenant afnemen.

Het leeuwenaandeel van de VOS-emissies van de tankopslagsector is afkomstig van de vluchtige producten (klasse K1) in opslagtanks. Dit betreft vooral uitdamping langs afdichtingen van drijvende daken en verdrijvingsverliezen bij het wisselen van product (daklandingen). Dit laatste, productwissel, geldt niet voor bedrijven bestemd voor strategische opslag of gericht op een productiebedrijf zoals een raffinaderij.

De minimumeisen voor de opslag van vluchtige aardolieproducten volgen uit de Europese 'benzinerichtlijn' 94/63/EG en houden voor terminals<sup>35</sup> onder andere de volgende maatregelen in:

- Drijvend dak, uit- of inwendig met een rendement van 90%-95% of meer
- Vastdaktank met dampterugwinning
- Verlading met dampterugwinning

In vergunningen is vaak een emissiegrenswaarde van 50 – 150 mg/Nm<sup>3</sup> voor VOS en 1 mg/Nm<sup>3</sup> voor ZZS (stoffen met een minimalisatieverplichting) gesteld aan de dampterugwinningsinstallatie.

#### 4.1.2 Beoordeling van de maatregelen

In de volgende paragrafen komen de belangrijkste emissiebeperkende maatregelen aan bod. De techniek van de maatregel is eerst kort beschreven, gevolgd door een kwalitatieve beschouwing van de effectiviteit (rendement), bedrijfszekerheid en afwenteleffecten.

#### Voorkomen

Het ontstaan of vrijkomen van productdamp kan worden voorkomen door een drijvend dak, overkoepelen van extern drijvend daken en dampretoursystemen en in zeer beperkte mate ademventielen. Deze maatregelen kennen geen tot nagenoeg geen afwenteleffecten.

<sup>35</sup> Installatie die voor de opslag en het laden van benzine in tankwagens, tankwagons of schepen wordt gebruikt, met inbegrip van alle opslagvoorzieningen op het terrein van de installatie

### Terugwinning

Terugwinning is de eerste stap van het behandelen van productdampen. Voor alle vormen van terugwinning is energie nodig, gebruikelijk in de vorm van elektriciteit. Elektriciteit wordt deels opgewekt met behulp van (fossiele) brandstoffen.

### Verbranding

Bij de verbranding van VOS en brandstoffen ontstaan koolmonoxide (een ZZS) en stikstofoxiden en fijn stof die bijdragen aan grootschalige luchtverontreiniging, waarvoor correlaties met schade aan de volksgezondheid bestaan. Het gezondheidseffect kan kwantitatief worden beschouwd en vergeleken zoals in de TNO-studie<sup>36</sup> naar de milieubalans van dampterugwinning is uitgevoerd. Enerzijds wordt de bijdrage aan ozonvorming beperkt door het vernietigen van VOS, anderzijds wordt die bevorderd door de vorming van stikstofoxiden. Stikstofoxiden hebben verder nog een directe toxische werking op de natuur en hebben een verzurende en vermestende werking op de natuur, wat de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden in gevaar brengt.

Daarnaast is er, met name bij fossiele brandstoffen, sprake van CO<sub>2</sub>-uitstoot, wat bijdraagt aan de opwarming van de aarde. De CO<sub>2</sub>-uitstoot die samenhangt met het elektriciteitsverbruik van dampterugwinning kan kwantitatief worden bepaald. Het verbruik zou kunnen worden beschouwd in relatie tot bijvoorbeeld energieprestatiedoelstellingen. Om milieueffecten van verschillende thema's zoals van gezondheidseffecten en opwarming te vergelijken wordt gebruik gemaakt van milieuschadetekosten voor de maatschappij.

Bij verbranding moeten twee situaties worden onderscheiden, namelijk met/zonder steungas (bv. propaan of aardgas). Bij het gebruik van steungas wordt de warmte van de fossiel brandstof niet nuttig gebruikt. Het steungas had ook kunnen worden gebruikt voor het opwekken van bijvoorbeeld elektriciteit en de afwenteleffecten kunnen in die zin worden gekwantificeerd. In alle gevallen ontstaan er stikstofoxiden wat hiervoor is besproken. Methaan in de productdampen<sup>37</sup> wordt omgezet in kooldioxide (CO<sub>2</sub>) en water. Kooldioxide is een minder sterk broeikasgas en water wordt gebruikelijk niet beschouwd. Het netto effect van CO<sub>2</sub>-vorming en methaanafbraak kan in termen van CO<sub>2</sub>-equivalenten kwantitatief worden beschouwd.

De overige afwenteleffecten vergen een levenscyclusanalyse<sup>38</sup> om te beschouwen en zijn niet eenvoudig te beschouwen. Hierbij kan gedacht worden aan natuurbeslag voor het maken actief kool (nodig voor dampterugwinning) en materiaalgerelateerde milieueffecten, bijvoorbeeld voor staalproductie.

#### 4.1.3 Verdrijvingsverliezen (daklandingsverliezen)

Bij productwisselingen wordt de opslagtank tussentijds geheel geleegd en eventueel dampvrij gemaakt. Tijdens het legen zal het vloeistofniveau onder de laagste stand van het drijvende dak (ruststand) zakken en werkt deze maatregel niet meer. Dit leidt tot verdrijving van de damp boven de vloeistof (onder het drijvende dak) tijdens het inpompen van de vloeistof waardoor de emissies met een factor 20-100 zullen toenemen zolang het drijvende dak niet op de vloeistof rust.

<sup>36</sup> TNO-rapport 2008-U-R0121/B; Milieubalans VRU benzinetanker; project 034.74407; januari 2008

<sup>37</sup> De CO<sub>2</sub> die ontstaat door de verbranding van de overige koolwaterstoffen (VOS) in de productdamp hoeft niet te worden beschouwd omdat VOS in de atmosfeer ook tot CO<sub>2</sub> en water worden geoxideerd.

<sup>38</sup> Levenscyclusanalyse (LCA) van een product is een methode om de totale milieubelasting te bepalen van een product gedurende de hele levenscyclus, dat wil zeggen: winning van de benodigde grondstoffen, productie, transport, gebruik en afvalverwerking.

Deze verdrijvingsverliezen worden de daklandingsverliezen genoemd. In de kern wordt het drijvende dak als maatregel buiten werking gesteld.

Productwisselingen zijn kenmerkend voor opslagbedrijven bestemd voor handel in olieproducten. In opslagbedrijven die bestemd zijn voor strategische opslag of voor productie (raffinaderijen, petrochemie) wordt een product in de opslagtank zelden (minder dan eens per jaar) gewisseld.

Het geheel legen van de opslagtank is dan beperkt tot onderhoud of verandering in de productie. Opslagtanks bestemd voor destillaten (zoals benzine, nafta, gasolie) hebben minder onderhoud nodig dan aardolie of residuproducten (zoals stookolie).

Tabel 4.1 – Maatregelen om gericht daklandingsverliezen te behandelen

| Maatregel                          | Beschouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aansluiten op DVI                  | <p><b>Techniek</b></p> <p>De maatregel bestaat uit het maken van een vaste aansluiting van de ruimte onder het drijvende dak op de dampterugwinningsinstallatie. Door de dampkamer onder de ruststand van tanks aan te sluiten op een DVI, kunnen emissies ten gevolge van daklandingen en schoonmaak worden behandeld. Het effect van de maatregel is vergelijkbaar met het behandelen van de dampen bij het laden van schepen.</p> <p><b>Rendement, validatie en bedrijfszekerheid</b></p> <p>Het rendement is hoog (meer dan 99% reductie). Dit is een bewezen techniek en wordt bij steeds meer tankopslagbedrijven toegepast. De DVI is normaal gesproken ontworpen voor de behandeling van de verdrongen lucht bij het laden van schepen. De dampconcentratie van de dampplandingsemissies is vergelijkbaar en het debiet is lager. Dit betekent dat mag worden verwacht dat het extra dampaanbod in de bestaande DVI in veel gevallen zal kunnen worden verwerkt zonder grote aanpassing aan de dampterugwinningsinstallatie van de DVI.</p> <p><b>Afwenteleffecten</b></p> <p>Het elektriciteits- en brandstofverbruik zal evenredig toenemen met het extra dampaanbod, wat tot toename van de CO<sub>2</sub>-uitstoot zal leiden. Indien de DVI is uitgerust met een nageschakelde naverbrander (RTO) staat daar tegenover dat de uitstoot van methaan afneemt. Methaan is een sterker broeikasgas dan CO<sub>2</sub> (ordegrootte 23 keer).</p> <p><b>Toepassing</b></p> <p>De maatregel is met name geschikt voor bedrijven met veel productwisselingen.</p> |
| Aansluiten op mobiele naverbrander | <p><b>Techniek</b></p> <p>De maatregel bestaat uit het maken van een tijdelijke aansluiting van de ruimte onder het drijvende dak op een mobiele dampverwerkingsinstallatie, bv. via het mangat of monsternamiebuis. De mobiele dampverwerkingsinstallatie is veelal een naverbrander, met een steunbrandstof zoals propaan. De steunbrandstof is nodig voor de fases waarin de dampconcentratie in de verdreven lucht te laag is om thermische oxidatie te onderhouden.</p> <p><b>Rendement, validatie en bedrijfszekerheid</b></p> <p>Het rendement is hoog (meer dan 99% reductie). Dit is een bewezen techniek en wordt bij verschillende tankopslagbedrijven toegepast.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| Maatregel | Beschouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | <p><b>Afwenteleffecten</b></p> <p>Bij de verbranding ontstaan ook stikstofoxiden, die een negatief effect hebben op de volksgezondheid en natuurgebieden. Enerzijds wordt de bijdrage aan ozonvorming beperkt door het vernietigen van VOS, anderzijds wordt die bevorderd door de vorming van stikstofoxiden. Het netto effect op ozonvorming is onzeker.</p> <p>Daarnaast is er sprake van verbruik van fossiele grondstoffen zonder dat de verbrandingswarmte nuttig wordt gebruikt. De steunbrandstof leidt tot extra CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar daar tegenover dat de uitstoot van methaan afneemt. Methaan is een sterker broeikasgas dan CO<sub>2</sub> (ordegrootte 23 keer). Het netto effect op klimaatverandering is niet berekend.</p> <p><b>Toepassing</b></p> <p>De maatregel is met name geschikt voor bedrijven met incidentele productwisselingen. Voor bedrijfsvoering met productwisselingen (meer dan eens per jaar) verdient aansluiting op dampterugwinning de voorkeur gelet op de beperktere afwenteleffecten.</p> |

#### 4.1.4 Uitdampingsverliezen

Uitdamping betreft de verdamping van de vloeistof door de afdichtingen aan de rand van het drijvende dak, de afdichtingen van de dakdoorvoeringen en panelen van het drijvende dak voor zover niet gelast. De maatregelen die gericht de uitdampingsverliezen kunnen beperken ten opzichte van de huidige situatie zijn in de volgende tabel aangegeven.

Tabel 4.2 - Maatregelen om gericht uitdampingsverliezen te behandelen

| Maatregel                                                            | Beschouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Overkoepelen van uitwendig drijvend dak met ventilerend dak ('dome') | <p><b>Techniek</b></p> <p>De maatregel bestaat uit het overkoepelen van de opslagtanks met een extern drijvend dak. Hiermee worden de uitdampingsverliezen sterk teruggebracht. Mogelijk moet het brandbestrijdingssysteem worden aangepast, wat niet is beschouwd in de kosten.</p> <p><b>Rendement, validatie en bedrijfszekerheid</b></p> <p>Het rendement is hoog (meer dan 95% reductie). Dit is een bewezen techniek en toegepast bij veel tankopslagbedrijven. Er is wel een beperking aan de grootte (diameter) van de opslagtanks.</p> <p><b>Afwenteleffecten</b></p> <p>De afwenteleffecten zijn in hoofdzaak positief. Het overkoepelen voorkomt mogelijke verontreiniging van het product met bv. water, waardoor er minder product zal worden afgekeurd. Met het voorkomen van de uitstoot van VOS wordt tevens de uitstoot van methaan, een broeikasgas, gereduceerd. Lekdetectie en onderhoud worden bemoeilijkt door de 'besloten' ruimte boven het drijvende dak.</p> <p><b>Toepassing</b></p> <p>Deze maatregel is beschouwd voor alle opslagtanks met een uitwendig drijvend dak, met uitzondering van de zeer grote opslagtanks die vooral voor aardolie worden toegepast.</p> |
| Lekdetectie en reparatie van drijvende daken                         | <p><b>Techniek</b></p> <p>De maatregel bestaat uit een intensiever inspectieprogramma om lekkages aan drijvende dak op te sporen en vervolgens te repareren.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| Maatregel                                                                     | Beschouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                               | <p><b>Rendement, validatie en bedrijfszekerheid</b></p> <p>Niettegenstaande alle tankopslagbedrijven een vorm van lekdetectie en reparatie van drijvende daken kennen is er geen algemene methode aanvaardbare lekdetectiemethode en zijn er geen criteria voor reparatie. De algemene indruk is wel dat met intensiever programma van lekdetectie en reparatie uitdampingsverliezen in beduidende mate kunnen worden beperkt. Dit heeft te maken met de hoge effectiviteit van een drijvend dak waardoor een lekkage tot een veelvoud van de emissie kan leiden. Zo heeft een gemiddelde dekrandafdichting al een 50% hogere emissie dan een bovengemiddelde afdichting (opening tussen dekrandafdichting en tankrand nergens groter is dan 3 mm (1/8 duim)). Helaas is er geen onderzoek naar de omvang van dergelijke lekkages</p> <p><b>Afwenteleffecten</b></p> <p>Geen.</p> <p><b>Toepassing</b></p> <p>De aanbeveling is om landelijk protocol voor uitdampingsverliezen te ontwikkelen in analogie met het lekverliezenprogramma.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <p>Verbeterde afdichting van dakrand en doorvoeringen in het drijvend dak</p> | <p><b>Techniek</b></p> <p>Voor zover nog reeds toegepast bestaat de maatregel uit het vervangen van afdichtingen van drijvende daken, eventueel ander type drijvend dak, door types die beter afdichten, bv. enkele dekrandafdichting door dubbele. Windtunnelexperimenten (ref. <sup>39</sup>) laten zien dat:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) de afdichting beter is voor daken die direct op de vloeistof drijven (full-contact) i.p.v. boven de vloeistof</li> <li>2) gelaste daken als lekdicht kunnen worden beschouwd in tegenstelling tot geschroefde/geklonken daken</li> </ol> <p>Daarnaast zijn er nieuwe ontwikkelingen die mogelijk een vergelijkbare afdichting hebben maar waarover nog geen consensus bestaat.</p> <p>Dakdoorvoeringen zijn noodzakelijk voor verschillende appendages zoals steunkolommen, meetbuis, mangat, drain, ladder en dampleiding (~daklandingen). Hiervan bestaan verschillende uitvoeringen met wisselend lekdichtheid. Tijdens groot onderhoud kunnen de afdichtingen stelselmatig worden verbeterd door toepassing van pakkingen en glijdende moffen/mantels.</p> <p><b>Rendement, validatie en bedrijfszekerheid</b></p> <p>In een aantal gevallen, zoals een secundaire afdichting op de dekrand of een wasschraper voor aardolie is zeker sprake van een emissiereductie. Het is duidelijk dat voor de sector uitdampingsverliezen kunnen worden beperkt door vervanging of aanpassing van het drijvend dak en de afdichting van de dakrand maar het reductiepotentieel is onzeker.</p> <p><b>Toepassing</b></p> <p>Deze maatregel is niet verder beschouwd als algemene maatregel voor de tankopslagsector. De maatregel zal op bedrijfsniveau moeten worden beschouwd.</p> |

<sup>39</sup> API, Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 19.2 Evaporative Loss from Floating-roof Tanks, 4th edition, August 2020



#### 4.1.5 Dampbehandeling van alle opslagverliezen

Als de opslagtank dicht wordt gemaakt en bestand is tegen voldoende over- en onderdruk kan de ontluuchting worden aangesloten op de DVI waarmee de uitpomp- en uitdampingsverliezen worden behandeld. Uitpompverlies betreft het verdampen van de vloeistoffilm die achterblijft tijdens het legen van een opslagtank met een drijvend dak. Uitdampingsverliezen betreffen de verdamping van de vloeistof door de afdichtingen aan de rand van het drijvende dak, de afdichtingen van de dakdoorvoeringen en panelen van het drijvende dak voor zover niet gelast.

De verschillende situaties van een dichte opslagtank met dampbehandeling zijn in de volgende tabel aangegeven.

Tabel 4.3 – Situaties van een dichte opslagtank met dampbehandeling

| Situatie                                                      | Beschouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vervangen door 'druktank' met drijvend dak en dampbehandeling | <p><b>Techniek</b></p> <p>De maatregel bestaat uit het vervangen van de opslagtanks door vastdaktanks die bestand zijn tegen een hogere over- en onderdruk en waarvan de dampruimte boven het drijvende dak aangesloten is op de dampverwerkingsinstallatie. De DVI zal aanzienlijk moeten worden uitgebreid (meer dan verdubbeld) om het extra debiet (ademen en verdringing tijdens inpompen) met een lage concentratie aan VOS te kunnen behandelen. De emissies van de DVI zullen toenemen omdat deze continu actief moet zijn om onder alle omstandigheden drukopbouw in de opslagtanks te voorkomen.</p> <p>Om brand- en explosieveiligheid te beheersen zullen aanvullende beheersmaatregelen moeten worden getroffen.</p> <p><b>Rendement, validatie en bedrijfszekerheid</b></p> <p>Complexe drukregeling doordat onder alle omstandigheden opslagtanks op lichte overdruk moeten worden gehouden t.o.v. de DVI en t.o.v. elkaar. Dit is een bewezen techniek voor kleinere opslagsystemen met enkele opslagtanks maar uit ervaring blijkt dat een beduidend deel van de tijd de overdruk naar de atmosfeer moet worden geblazen en daarmee de lucht met VOS-dampen onbehandeld vrijkomt. Dit is geen bewezen techniek voor de omvang van de meeste tankopslagbedrijven. De maatregel komt neer op de nieuwbouw van alle K1-opslagtanks met grotere DVI, wat de levensvatbaarheid van een terminal bedreigt.</p> <p><b>Afwenteleffecten</b></p> <p>Het behandelen van voornamelijk lucht met lage concentratie aan VOS (ordegrootte 2 tot 10 de algemene emissiegrenswaarde) zal gepaard gaan met hoog elektriciteitsverbruik en een netto toename van de schade aan de volksgezondheid<sup>40</sup>. Elektriciteit wordt in belangrijke mate met fossiele brandstoffen opgewekt en gaat gepaard met de vorming van stikstofoxiden. Enerzijds wordt de bijdrage aan ozonvorming beperkt door het vernietigen van VOS, anderzijds wordt die bevorderd door de vorming van stikstofoxiden. De maatregel is gericht op hoog debiet met lage VOS-concentratie. De TNO-studie suggereert dat dit ozonvorming zal bevorderen en bijgevolg een negatief effect op de volksgezondheid en de natuur zal hebben.</p> <p>Het hogere elektriciteitsverbruik gaat gepaard met toename van CO<sub>2</sub>-uitstoot, en daarmee bijdrage aan klimaatverandering.</p> |

<sup>40</sup> Uit de TNO-studie naar de milieubalans van de dampterugwinning (TNO-rapport 2008-U-R0121/B; Milieubalans VRU benzinetanker; project 034.74407; januari 2008) kan worden afgeleid dat een dergelijke maatregel aantoonbaar negatief uitpakt voor de volksgezondheid.

| Situatie                                                         | Beschouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                  | <b>Toepassing</b><br>Deze maatregel is technisch toepasbaar en beschouwd voor alle terminals. Er kunnen overigens wel beperkingen zijn in de beschikbare ruimte.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Vervangen door 'druktank' zonder drijvend dak en dampbehandeling | Dit is vergelijkbaar met de hiervoor besproken maatregel 'Vervangen door 'druktank met drijvend dak' met dampbehandeling' met de volgende verschillen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoger veiligheidsrisico doordat de dampruimte een explosief mengsel bevat</li> <li>• hoger elektriciteitsverbruik om damp te behandelen in plaats van damp te voorkomen</li> <li>• minder onderhoud aan de opslagtanks zonder drijvend dak</li> </ul>                                                                                        |
| Gelast vast dak met ontluchting aansluiten op DVI                | Dit is vergelijkbaar met de hiervoor besproken maatregel 'Vervangen door 'druktank met drijvend dak' met dampbehandeling' met de volgende verschillen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• slechts geringe over-/onderdruk mogelijk omdat de bestaande opslagtanks niet hiervoor ontworpen zijn, waardoor eerder onbalans in druk over de verschillende opslagtanks kan ontstaan en afblazen naar de atmosfeer</li> <li>• meer kans op terugstroming en daardoor productverontreiniging</li> <li>• aanzienlijk lagere kosten</li> </ul> |
| Dichtmaken van ventilerend koepeldak (dome) en aansluiten op DVI | <b>Techniek</b><br>Koepeldak vervangen door 'dichte' variant en uitgezette/verdrongen lucht behandelen in DVI<br><br>Dit is vergelijkbaar met de vorige maatregel 'Gelast vast dak met ontluchting aansluiten op DVI' met nog een aanvullend verschil: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geen bewezen techniek</li> </ul>                                                                                                                                                                                                             |

#### 4.1.6 Dampverwerking

##### 4.1.6.1 Dampterugwinning afstellen op minimale eindconcentratie

In een aantal EU lidstaten is de emissiegrenswaarde voor de uitlaat van de damp-terugwinningsinstallatie ordegrrootte  $1.000 \text{ mg/Nm}^3$ , in tegenstelling tot Nederland waar voor terminals  $50 \text{ mg/Nm}^3$  als grenswaarde in de vergunning is vastgelegd of wordt verwezen naar de algemene eisen van het Activiteitenbesluit milieubeheer. Het beperken van de VOS-uitstoot gaat gepaard met elektriciteitsverbruik, wat nog deels met (fossiele) brandstoffen wordt opgewekt met vorming van stikstofoxiden. Dampterugwinning beperkt ozonvorming (minder VOS) maar de daarvoor benodigde elektriciteitsopwekking bevordert ozonvorming (meer stikstofoxiden).

In opdracht van één van de VOTOB-leden heeft TNO in 2008 een onderzoek<sup>41</sup> uitgevoerd naar het netto effect. De conclusie is als volgt.

Opvallend is, dat de bijdrage van de zomersmog aan de milieubalans toeneemt bij verlaging van de emissie van NMVOS, terwijl de belangrijkste reden voor de 'gewenste' verlaging van VOS emissies juist het beperken van de zomersmog is. Het extra elektriciteitsgebruik is verantwoordelijk voor de netto toename van de zomersmog.

Voor de actief kool VRU is de milieubelasting (in schaduwkosten) bij ingangskoncentraties tussen  $200$  en  $400 \text{ g/m}^3$  het laagst bij eindconcentraties rond de  $1 \text{ g/m}^3$ . Voor de membraan VRU ligt het optimum bij dezelfde ingangskoncentraties ook bij ca.  $1 \text{ g/m}^3$ .

Los van de vraag waar het optimum de afgelopen jaren lag, het is duidelijk dat de verlaging van de emissie uit de DVI van  $600 \text{ mg/Nm}^3$  tot  $50 \text{ mg/Nm}^3$ , geen gezondheidswinst heeft opgeleverd. Daarbij kan worden opgemerkt dat het aandeel van de DVI in de totale VOS-uitstoot gering (ca. 1%) is. Een verdere verlaging van de emissies uit de dampterugwinning is niet nader beschouwd.

##### 4.1.6.2 Naverbrander (RTO)

Een beperkt aantal terminals heeft na de dampterugwinningsinstallatie een naverbrander (regeneratieve thermische oxidatie; RTO) geplaatst. Een RTO kent een aantal milieuhygiënische voor- en nadelen:

- Voordelen
  - Mogelijkheid om de dampterugwinning met lager elektriciteitsverbruik te laten werken
  - Lagere uitstoot van VOS en organische ZZS
  - Lagere uitstoot van methaan, een broeikasgas
- Nadelen
  - Uitstoot van een ander ZZS, met name koolmonoxide (CO)
  - Uitstoot van stikstofoxiden

<sup>41</sup> TNO-rapport 2008-U-R0121/B; Milieubalans VRU benzinetanker; project 034.74407; januari 2008

- Verbruik van fossiele brandstof en uitstoot van extra kooldioxide, een broeikasgas, door de vereiste steunbrandstof of door de opwekking van elektriciteit in geval van een elektrische naverbrander
- Gemiste kans voor nuttig gebruik van de verbrandingswarmte

Gelet op het geringe aandeel van de DVI in de totale VOS-uitstoot (ca. 1%) en de afwenteleffecten is een RTO of andere vorm van naverbranding niet nader beschouwd.

#### 4.1.7 Maatregelen gericht op alleen ZZS

*Paragraaf 3.1 maakt duidelijk dat de tankopslagbedrijven slechts een beperkte bijdrage aan de verbetering van de leefomgeving kunnen leveren door alleen ZZS te vermijden en beperken. Voor de volledigheid worden de opties hier kort beschouwd.*

##### 4.1.7.1 Bronaanpak

Traditioneel worden benzine en diesel geproduceerd uit aardolie. In beperkte mate kan bijvoorbeeld ethanol worden bijgemengd in benzine en vetzuuresters (FAME) in diesel. Ethanol en FAME zijn geen ZZS. Het is ook mogelijk om benzine en diesel rechtstreeks uit plantaardige en dierlijke stromen te produceren, hier verder biobenzine en biodiesel (bijvoorbeeld HVO) genoemd. Deze biobenzine en biodiesel bevatten nagenoeg geen ZZS. Het aanbod is nog beperkt maar volgens het beleid zal het aandeel van 'geavanceerde' biobrandstoffen<sup>42</sup> sterk moeten groeien.

Volgens de herziene Europese Richtlijn hernieuwbare energie (RED2) zal het aandeel hernieuwbare energie in brandstoffen moeten toenemen. De verplichting voor de periode 2022 tot en met 2030 is dat het hernieuwbare aandeel van de transportbrandstoffen toeneemt van 17,9% tot 28%. Het verplichte aandeel in de periode 2018-2021 ging van 8,8% naar 17,5%.

De terminals hebben geen invloed op de beschikbare brandstoffen. ZZS vermijden door productvervanging aanvullend op de wettelijke verplichtingen is geen optie. Bovendien zijn de terminals geen eigenaar van de op- en overgeslagen producten.

##### 4.1.7.2 Weren van ZZS-rijke producten

In het branchedocument vloeibare bulkopslag wordt onderscheid gemaakt tussen producten met meer of minder dan 5% ZZS in de vloeistof. Een opslagbedrijf zou ervoor kunnen kiezen om producten met meer dan 5% ZZS te weren. Het gaat dan om pygas en enkele raffinaderij-producten met relatief veel aromatische of onverzadigde verbindingen.

Deze optie voorkomt echter niet dat ZZS-rijke producten ontstaan en dus elders zullen worden opgeslagen.

<sup>42</sup> Biobrandstoffen geproduceerd uit grondstoffen vermeld in bijlage IX van de Europese Richtlijn hernieuwbare energie, zoals algen, biomassafractie van afval, stro, dierlijke mest en zuiveringsslib en ruwe glycerine

## 4.2 Reductiepotentieel en kosten

Zoals in hoofdstuk 3 aangetoond vormen opslagtanks de grootste bron van VOS en ZZS naar lucht bij de op- en overslag van aardolieproducten. De emissies worden vooral veroorzaakt door 'daklandingen' indien van product wordt gewisseld en door uitdampingsverliezen.

Uitdampingsverliezen treden op bij de afdichtingen van een drijvend dak. De grootste reducties kunnen worden bereikt door:

- Behandelen van de daklandingsverliezen in een DVI
- Beperken van uitdampingsverliezen door het overkoepelen van uitwendig drijvende daken
- Dichte opslagtanks met dampbehandeling

Daarnaast zijn er nog andere maatregelen met kleiner emissiebeperkend effect, zoals het verbeteren van de afdichtingen (bijvoorbeeld dakrand, dakdoorvoeringen, daknaden, pompas, afsluiters). Deze maatregelen worden gezien als onderdeel van continue, geleidelijke verbeteringen om tot lagere emissies te komen. Met het aanscherpen van de emissiegrenswaarde van de dampverwerkingsinstallatie kan geen substantiële ZZS-reductie worden bereikt en omdat dit ook gepaard gaat met vooral negatieve afwenteleffecten is dit niet nader beschouwd.

De eerste twee maatregelen zijn gangbaar, de laatste is niet gangbaar. Veel tankopslagbedrijven beschouwen het 'dicht maken' van de bestaande opslagtanks met een inwendig drijvend dak (zowel met aluminium koepel als met kegelvormig stalen dak) niet als technisch verantwoord doordat deze tanks niet voor de noodzakelijke overdruk zijn ontworpen. Dit betekent dat de bestaande opslagtank zou moeten worden vervangen door een 'druktank'. Daarnaast zijn er een aantal leveranciers die stellen dat een opslagtank met een inwendig drijvend dak wel technisch verantwoord dicht kan worden gemaakt en geschikt is voor aansluiting op een DVI. Dit zal over een aantal jaar weer moeten worden geëvalueerd. De maatregelen zijn op sectorniveau uitgewerkt om het reductiepotentieel te bepalen en de kosten (orde van grootte) aan te geven.

Het overkoepelen van de opslagtanks met ruwe aardolie is niet beschouwd omdat dit geen bewezen techniek voor de gebruikelijke afmetingen van deze tanks (diameter groter dan 75 m). Het vervangen door een gesloten systeem met dampverwerking is wel beschouwd voor ruwe aardolie. De effectiviteit en kostenraming van de maatregelen zijn in de volgende tabel samengevat voor de opslagverliezen. De kosten van de maatregelen zijn overgenomen van de Factsheets diffuse tankemissies<sup>43</sup>. De kosteneffectiviteitsberekening is uitgevoerd volgens bijlage 2 van het Activiteitenbesluit waarbij de rentevoet van 3% is gehanteerd in plaats van 10%. De rentevoet van 3% is de toekomstige waarde volgens het Besluit activiteiten leefomgeving.

<sup>43</sup> Factsheets diffuse tankemissies van Royal HaskoningDHV (RHDHV) in opdracht van DCMR naar de kosten van een tiental maatregelen om de uitstoot van VOS bij opslagtanks te beperken (2022)

Tabel 4.4 - Vergelijking van reductiepotentieel en kostenramingen van de K1-opslagverliezen

| Parameter                                        | Daklandingen van drijvende daken behandelen in DVI | Overkoepelen van uitwendig drijvend dak | Vervangen door gesloten tank met drijvend dak aangesloten op DVI |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| ZZS-emissie vóór aanvullende maatregel (kg/jaar) | 15.261                                             | 7.801                                   | 4.304                                                            |
| Vermeden (kg/jaar)                               | 7.459                                              | 3.497                                   | 4.095                                                            |
| ZZS-emissie na aanvullende maatregel (kg/jaar)   | 7.801                                              | 4.304                                   | 210                                                              |
| Investeringskosten (M€)                          | 26,2                                               | 19                                      | 2.710                                                            |
| Investeringsafschrijving (M€/jaar)               | 3,0                                                | 1,1                                     | 153                                                              |
| Operationele kosten (M€/jaar)                    | 0,4                                                | 0,0                                     | 2,4                                                              |
| Kosteneffectiviteit voor ZZS (€/kg)              | 464                                                | 313                                     | 38.001                                                           |

De kosteneffectiviteit (uitgedrukt als euro per vermeden kg ZZS) van de ‘daklandingen behandelen’ en het ‘overkoepelen van drijvende daken’ is vergelijkbaar en zijn een factor 100 lager dan de kosteneffectiviteit van het vervangen van opslagtanks door een ‘gesloten’ opslagtank aangesloten op DVI.

#### Scenario voor ‘nulemissie’

Emissies van de opslag van ZZS-houdende aardolieproducten tot nul te reduceren is mogelijk door 1) dampen geheel te voorkomen of 2) dampen geheel te behandelen. Daarbij gaat het niet alleen om de vluchtige producten (K1) maar ook om de niet-vluchtige producten (K2/K3/K4). Dampvorming kan worden voorkomen door opslag in tanks met een balg. Tijdens inpompen zet de balg uit; tijdens uitpompen krimpt die. Dit is echter geen bewezen techniek voor de grootschalige opslag en de techniek kent de nodige operationele bezwaren.

Dampen geheel behandelen is mogelijk door opslagtanks te ontwerpen voor en aan te sluiten op een DVI. De dampverwerkingsinstallatie kan door dampterugwinning meer dan 99% van de emissie beperken. Het restant aan organische ZZS van de dampterugwinning en van dampretoursystemen kan vervolgens in een naverbrander (RTO) thermisch worden geoxideerd waarbij een andere ZZS, koolmonoxide, wordt gevormd. Om een ZZS-‘nulemissie’ te bereiken zou koolmonoxide nog uit de rookgassen moeten worden verwijderd, wat technisch mogelijk maar ongebruikelijk is. Daarnaast moet alle apparaten en toebehoren (pompen, afsluiters, flenzen, ...) worden vervangen door emissievrije types.

### 4.3 Beoordeling van de maatregelen

Hierna volgt een kwalitatieve beoordeling van de beschouwde emissiebeperkende maatregelen volgens de criteria<sup>44</sup> van de ZZS vermijdings- en reductieprogramma’s van zeer zorgwekkende stoffen. De beoordeling is uitgewerkt in paragrafen 4.1.3, 4.1.4 en 4.1.5 en in de volgende tabel samengevat. Daarbij is de onderlinge vergelijking aangeduid met ++ (belangrijke mate positief), + (beperkte mate positief), 0 (neutraal/onzekere mate), - (beperkte mate negatief), -- (belangrijke mate negatief).

<sup>44</sup> Activiteitenregeling, art. 2.20

Tabel 4.5 – Kwalitatieve vergelijking van de onderzochte maatregelen

| Parameter         | Daklanding behandelen<br>in DVI | Overkoepelen van<br>uitwendig drijvend dak | Vervangen door gesloten<br>tank met drijvend dak en<br>aansluiten op DVI |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Effectiviteit     | ++                              | ++                                         | ++                                                                       |
| Validatie         | ++                              | ++                                         | -                                                                        |
| Bedrijfszekerheid | +                               | ++                                         | -                                                                        |
| Kosten            | -                               | -                                          | --                                                                       |
| Afwenteleffecten  | 0                               | +                                          | --                                                                       |

Zowel het behandelen van daklandingsverliezen als het overkoepelen van opslagtanks met een uitwendig drijvend dak zijn effectieve maatregelen die als bewezen techniek met aanvaardbare kosten en met positieve tot neutrale afwenteleffecten.

Alleen voor de zeer grote opslagtanks die voor aardolie worden gebruikt (diameter 75-100 m) is het overkoepelen (nog) geen bewezen techniek. Met beide maatregelen opgeteld kan een VOS/ZZS-reductie worden bereikt van ruim 70% voor de opslag van vluchtige aardolieproducten.

Het vervangen van de bestaande tanks door vastdaktanks met dampverwerking is effectief in het beperken van de VOS/ZZS-uitstoot maar is ongunstig ten aanzien de overige criteria (validatie, bedrijfszekerheid, kosten en afwenteleffecten).

Na het uitvoeren van de eerste twee genoemde maatregelen ontstaat er een ander beeld van de emissiebronnen zoals in de volgende tabel aangegeven. De uitstoot van de vluchtige producten zoals benzine en nafta, is dan dusdanig afgenomen door de maatregelen dat de 'onbehandelde' uitstoot van de minder vluchtige producten zoals kerosine en gasolie bepalend wordt.

Tabel 4.6 – Effect van de maatregelen op de totale uitstoot van ZZS

| Productgroep                | Huidige<br>situatie | Daklanding<br>behandelen<br>in DVI | Aanvullend<br>overkoepelen van<br>uitwendig drijvend<br>dak | Vervangen door<br>gesloten tank met<br>drijvend dak<br>aangesloten op DVI |
|-----------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Benzine en nafta            | 52%                 | 28%                                | 17%                                                         | 8%                                                                        |
| Kerosine, diesel en gasolie | 31%                 | 31%                                | 31%                                                         | 31%                                                                       |
| Stookolie en CBO            | 9%                  | 9%                                 | 9%                                                          | 9%                                                                        |
| Aardolie                    | 5%                  | 5%                                 | 5%                                                          | 1%                                                                        |
| Chemicaliën en gassen       | 3%                  | 3%                                 | 3%                                                          | 3%                                                                        |
| <b>Totaal</b>               | 100%                | 76%                                | 65%                                                         | 52%                                                                       |

Het ligt dan voor de hand om eerst de emissies van de minder vluchtige producten (K2 en K3) te beperken alvorens verdergaande maatregelen te treffen voor de vluchtige producten (K1).



## 5 Samenvatting, conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Aanleiding en doel

De uitstoot naar de lucht van koolwaterstoffen wordt algemeen gezien als het belangrijkste milieubelastende aspect van de op- en overslag van aardolieproducten. Gedreven door maatschappelijke verantwoordelijkheid en ontwikkelingen in het milieubeleid heeft de Nederlandse Vereniging van Tankopslagbedrijven (VOTOB) daarom opdracht verstrekt voor een onderzoek naar het effect van zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) en naar emissiebeperkende maatregelen (het 'Onderzoek'). Op basis van het Onderzoek willen de VOTOB-leden een eigen visie op de aanpak van ZZS ontwikkelen voor de tankopslagactiviteiten.

Het Onderzoek kent twee hoofdonderwerpen, waarbij zes vragen zijn gesteld:

- Feitelijke situatie over ZZS van de tankopslagsector
  1. Uitstoot:  
*Welke ZZS komen vrij uit opslagtanks en andere installaties?*
  2. Luchtkwaliteit:  
*Wat is de bijdrage van VOTOB terminals aan ZZS-concentraties in de omgevingslucht vergeleken met MTR- en VR-waarde?*
  3. Volksgezondheid:  
*Zijn er ZZS waarvan de uitstoot mogelijk een significant effect op de volksgezondheid kunnen hebben en waarop de tankopslagsector zich in het bijzonder kan focussen?*
- Maatregelen
  4. Kosten:  
*Wat zijn de kosten om de emissies van VOTOB-terminals tot nul te reduceren?*
  5. Afwenteleffecten:  
*Wat zijn de afwenteleffecten ('cross media-effects') en hoe kunnen die worden beschouwd?*
  6. Implementatie:  
*Wat is een kosteneffectieve strategie om emissies van ZZS te minimaliseren?*

### 5.2 Aanpak en afbakening

Het Onderzoek beperkt zich tot de luchtaspecten en is gericht op aardolieproducten, niet op chemicaliën buiten de aardolieketen. De volgende vier ZZS worden beschouwd als de belangrijkste voor de tankopslag van aardolieproducten: benzeen, 1,3-butadieen, isopreen en naftaleen. ZZS bij tankopslag van aardolieproducten kan niet los worden gezien van vluchtige organische stoffen (VOS), zodat ook het effect en maatregelen gericht op VOS zijn beschouwd.

Het Onderzoek is gebaseerd op literatuuronderzoek, gegevens die VOTOB en de leden ter beschikking hebben gesteld. Met het meetprogramma dat in het najaar van 2021 is uitgevoerd heeft de VOTOB een belangrijke eerste stap gezet om duidelijkheid verschaffen over de aanwezigheid van ZZS in de producten. Dit heeft geleid tot nieuwe inzichten die zijn toegepast op eerder gerapporteerde ZZS-inventarisaties.

### 5.3 Uitstoot, luchtkwaliteit en effect op de volksgezondheid

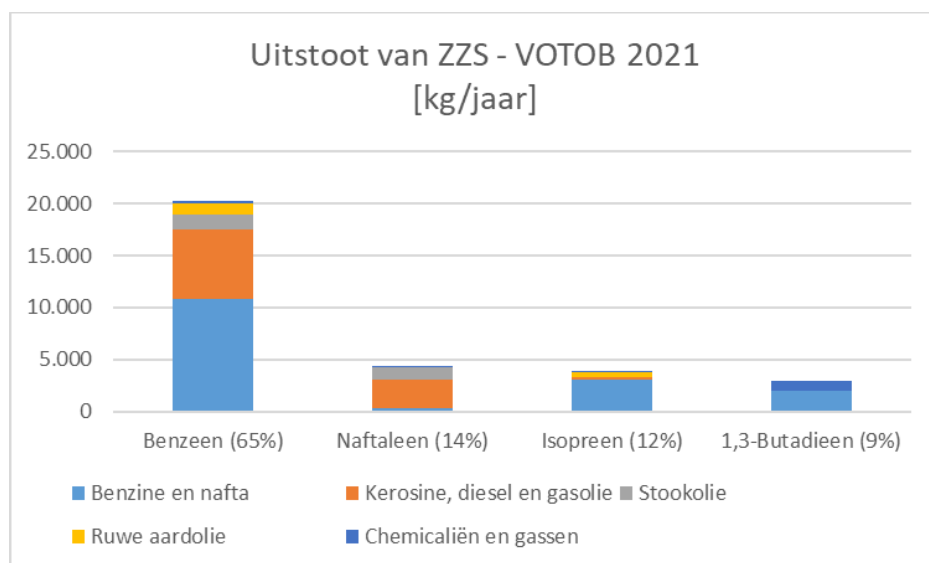
#### Uitstoot naar de lucht

Welke ZZS komen vrij uit opslagtanks en andere installaties?

De analyse van de eerste ZZS-inventarisaties van omstreeks 2019-2020 liet zien dat dat benzeen, naftaleen, isopreen en 1,3-butadieen de belangrijkste ZZS zijn die in de lucht vrijkomen bij de activiteiten van de tankopslagsector. De overige ZZS die in lucht vrijkomen betreffen enerzijds de vluchtigere PAK-verbindingen zoals fenantreen, antraceen en pyreen waarvan sporen voorkomen in vele aardolieproducten en anderzijds ZZS die niet algemeen voorkomen zoals indeen.

Alle genoemde ZZS zijn organische verbindingen die in de atmosfeer en na depositie afgebroken worden. Het RIVM geeft verder aan dat de vluchtigere PAK-verbindingen weliswaar een ZZS-status hebben als onderdeel van PAK maar als individuele verbinding niet aan de ZZS-criteria<sup>45</sup> voldoen en er geen zorg is over carcinogeniteit die kenmerkend is voor de deeltjesgebonden 4-7 ring PAK-verbindingen.

Benzeen is veruit de belangrijkste ZZS, zowel voor vluchtige producten (K1) als voor niet-vluchtige producten (K2/K3) zoals in de volgende figuur aangegeven.



Figuur 5.1 - Uitstoot van ZZS door de VOTOB-leden in 2021

Uit de berekening en analyse van de gerapporteerde emissies kunnen de volgende conclusies worden getrokken voor de uitstoot naar de lucht door de tankopslagbedrijven:

- Bijdrage aan landelijke emissies van VOS en ZZS is kleiner dan 1%
- ZZS-emissies zijn vooral afkomstig van 1) benzine en nafta (ca. de helft) en 2) kerosine, diesel en gasolie (ca. een derde)
- Emissies ontstaan in hoofdzaak bij opslagtanks (grootteorde 90%)

<sup>45</sup> RIVM Memo "Luchtnormen voor PAK's" van 20 januari 2022: *Vooralsnog zijn de aanwijzingen dat de vluchtige PAK's carcinogeen zijn, of zelfs genotoxisch carcinogeen, veel minder robuust dan voor de deeltjesgebonden 4-7 ring PAK's. Op basis van de beschikbare gegevens zijn deze vluchtige PAK's, als ze al kankerverwekkend blijken, ook minder potent dan BaP. Dus ook al hebben de vluchtige PAK's een ZZS-status vanwege de POP-verordening, ze voldoen op individuele basis niet aan de ZZS-criteria voor carcinogeniteit, mutageniteit of reproductietoxiciteit (CMR Categorie 1). Ze dragen niet, of vanwege de lage potentie maar beperkt, bij aan het carcinogene risico van PAK's.*

**Luchtkwaliteit**

*Wat is de bijdrage van VOTOB terminals aan ZZS-concentraties in de omgevingslucht vergeleken met MTR- en VR-waarde?*

Uit de analyse van metingen van de concentratie aan ZZS in de buitenlucht en de berekende bijdrage aan de ZZS-concentratie door de uitstoot van tankopslagbedrijven kunnen volgende conclusies worden getrokken voor de luchtkwaliteit in het havengebied van Rijnmond en Amsterdam:

- Gemeten benzeenconcentratie voldoet ordegrootte aan de streefwaarde van  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en duidelijk aan de grenswaarde van  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (in de toekomst  $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als het voorstel van de Europese Commissie voor de nieuwe richtlijn luchtkwaliteit van 26 oktober 2022 wordt aangenomen)
- Gemeten naftaleenconcentratie is klein (0,01%) ten opzichte van de toelaatbare concentratie in lucht van  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (TCL; vastgesteld door RIVM) in Rijnmond, wat waarschijnlijk ook geldt voor Amsterdam
- Bijdrage door de VOTOB-leden bij woningen is ten hoogste
  - Benzeen:  $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$  t.o.v. ca.  $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als achtergrond en  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als streefwaarde
  - 1,3-butadien, isopreen en naftaleen: kleiner dan 1% van de waarde voor het maximaal toelaatbaar risico (MTR), wat als waarde voor het verwaarloosbaar risico (VR) wordt gehanteerd. De MTR/TCL is respectievelijk  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $225 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor 1,3-butadien, isopreen en naftaleen

**Effect op de volksgezondheid**

*Zijn er ZZS waarvan de uitstoot mogelijk een significant effect op de volksgezondheid kunnen hebben en waarop de tankopslagsector zich in het bijzonder kan focussen?*

Uit de bepaling van het effect op de volksgezondheid door de uitstoot van de tankopslagbedrijven kunnen volgens de correlatiemethode van het RIVM de volgende conclusies worden getrokken:

- VOS als onderdeel van grootschalige luchtverontreiniging is bepalend voor het effect op de volksgezondheid; het effect van ZZS op volksgezondheid is kleiner dan 1% t.o.v. grootschalige luchtverontreiniging
- Aandeel in concentraties van benzeen, 1,3-butadien en isopreen bij woningen leidt tot een kans kleiner dan 1 op 1.000.000 op een kanker geval in een mensenleven. Deze risicoberekening is niet mogelijk voor naftaleen omdat er geen correlatie<sup>46</sup> voor kans op kanker is vastgesteld

Het is niet mogelijk om een direct verband te leggen tussen de uitstoot van VOS van de tankopslagsector en het effect op de volksgezondheid vanwege het complexe regionale karakter van fotochemische smogvorming waarbij stikstofoxiden, VOS en UV-licht betrokken zijn maar de effecten van VOS op de volksgezondheid hangen vooral samen met ozon. Het Europees Milieuagentschap heeft samen andere instituten het effect van de hoofdcomponenten van grootschalige luchtverontreiniging op de volksgezondheid onderzocht<sup>47</sup>. De volgende tabel geeft een overzicht.

<sup>46</sup> Het RIVM geeft aan dat de toelaatbare concentratie in lucht is gebaseerd op lokale effecten op het neusslijmvlies als zijnde het meest kritische effect en dus niet carcinogeniteit.

<sup>47</sup> ETC/ATNI Report 10/2021: Health risk assessments of air pollution. Estimations of the 2019 HRA, benefit analysis of reaching specific air quality standards and more.

Tabel 5.1 – Vroegtijdig overlijden door luchtverontreiniging (aantal per jaar; 2019; Table 3.1 van ref. 9 )

| Land      | PM2,5 | NO <sub>2</sub> | Ozon * | Benzeen** |
|-----------|-------|-----------------|--------|-----------|
| Nederland | 8.900 | 1.000           | 380    | 2         |

\* VOS speelt een belangrijke rol als zogenoemde 'precursor' in de vorming van ozon op leefniveau (smog)

\*\* Het RIVM<sup>48</sup> geeft aan dat de kans op voortijdige overlijden door de benzeenconcentraties in de omgevingslucht in Nederland circa 3 gevallen per jaar in 2003 bedraagt, wat overeenkomt met 2 gevallen per jaar in 2022 gelet op de afname in van benzeen in de lucht.

Als antwoord op de gestelde vraag over de uitstoot naar de lucht met een mogelijk significant effect op de volksgezondheid volgt uit voorgaande conclusies:

- VOS heeft, als onderdeel van smogvorming, een mogelijk significant effect
- ZZS heeft vergeleken met VOS geen mogelijk significant effect
- Benzeen is de belangrijkste ZZS

## 5.4 Maatregelen

Zoals hiervoor aangegeven hangen de negatieve effecten van de dampen van aardolieproducten op de volksgezondheid en natuur vooral samen met VOS. Door de uitstoot van VOS verder terug te dringen zal ook de uitstoot van ZZS navenant afnemen.

### Uitwerking van 'nulemissie'

*Wat houdt het in om de ZZS-emissies van de tankopslagsector tot nul te reduceren?*

Emissies van de opslag van ZZS-houdende aardolieproducten tot nul te reduceren is mogelijk door 1) dampen geheel te voorkomen of 2) dampen geheel te behandelen. Daarbij gaat het niet alleen om de vluchtige producten (K1) maar ook om de niet-vluchtige producten (K2/K3/K4). Dampvorming kan worden voorkomen door opslag in tanks met een balg. Tijdens inpompen zet de balg uit; tijdens uitpompen krimpt die. Dit is echter geen bewezen techniek voor de grootschalige opslag en de techniek kent de nodige operationele bezwaren.

Dampen geheel behandelen is mogelijk door opslagtanks te ontwerpen voor en aan te sluiten op een dampverwerkingsinstallatie. De dampverwerkingsinstallatie kan door dampterugwinning meer dan 99% van de emissie beperken. Het restant aan organische ZZS van de dampterugwinning en van dampretoursystemen kan vervolgens in een naverbrander thermisch worden geoxideerd waarbij overigens een andere ZZS, koolmonoxide, wordt gevormd. Om een ZZS-'nulemissie' te bereiken zou koolmonoxide nog uit de rookgassen moeten worden verwijderd, wat technisch mogelijk maar ongebruikelijk is. Daarnaast moet alle apparaten en toebehoren (pompen, afsluiters, flenzen, ...) worden vervangen door emissievrije types.

Voor een eerste indruk is voorgaande vereenvoudigd tot vervanging van opslagtanks met een intern drijvend dak door vastdaktanks met dampbehandeling voor vluchtige producten (K1). De kosteneffectiviteit hiervan is een factor honderd lager dan die van de andere beschouwde maatregelen. Anders gesteld zijn de kosten om ZZS-emissies te beperken een factor honderd hoger.

<sup>48</sup> In vergelijking met andere risicofactoren wordt aan aromaten, de groep van verbindingen met benzeen als uitgangspunt, bij de huidige concentraties een beperkt risico toegeschreven. Door benzeen veroorzaakte sterfte in Nederland wordt door De Hollander en Brunekreef (2003) op drie gevallen per jaar geschat. De schatting voor het verlies aan gezondheid gewogen levensjaren (disability adjusted life year, DALY) komt voor benzeen op 140 DALYs/jaar.

**Afwenteleffecten**

*Wat zijn de afwenteleffecten ('cross media-effects') en hoe kunnen die worden beschouwd?*

Het ontstaan of vrijkomen van productdamp kan worden voorkomen door een drijvend dak, overkoepelen van extern drijvend daken en dampretoursystemen en in zeer beperkte mate ademventielen. Deze maatregelen kennen geen tot nagenoeg geen afwenteleffecten.

Terugwinning is de eerste stap van het behandelen van productdampen. Voor alle vormen van terugwinning is energie nodig, gebruikelijk in de vorm van elektriciteit. Elektriciteit wordt deels opgewekt met behulp van (fossiele) brandstoffen. Bij de verbranding van brandstoffen ontstaan stikstofoxiden en fijn stof die bijdragen aan grootschalige luchtverontreiniging, waarvoor correlaties met schade aan de volksgezondheid bestaan. Het gezondheidseffect kan kwantitatief worden beschouwd en vergeleken zoals in de TNO-studie naar de milieubalans van dampterugwinning is uitgevoerd. Enerzijds wordt de bijdrage aan ozonvorming beperkt door het vernietigen van VOS, anderzijds wordt die bevorderd door de vorming van stikstofoxiden. Stikstofoxiden heeft verder nog een directe toxische werking op de natuur en hebben een verzurende en vermestende werking op de natuur, wat de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden in gevaar brengt.

Daarnaast is er, met name bij fossiele brandstoffen, sprake van CO<sub>2</sub>-uitstoot, wat bijdraagt aan de opwarming van de aarde. De CO<sub>2</sub>-uitstoot die samenhangt met het elektriciteitsverbruik van dampterugwinning kan kwantitatief worden bepaald. Het verbruik zou kunnen worden beschouwd in relatie tot bijvoorbeeld energieprestatiedoelstellingen. Over het vergelijken van gezondheidseffecten met opwarming bestaat geen eenduidige consensus, al zijn er wel modellen voor ontwikkeld.

Bij verbranding moeten twee situaties worden onderscheiden, namelijk met/zonder steungas (bv. propaan of aardgas). Bij het gebruik van steungas wordt de warmte van de fossiel brandstof niet nuttig gebruikt. Het steungas had ook kunnen worden gebruikt voor het opwekken van bijvoorbeeld elektriciteit en de afwenteleffecten kunnen in die zin worden gekwantificeerd. In alle gevallen ontstaan er stikstofoxiden wat hiervoor is besproken. Methaan in de productdampen<sup>49</sup> wordt omgezet in kooldioxide (CO<sub>2</sub>) en water. Kooldioxide is een minder sterk broeikasgas en water wordt gebruikelijk niet beschouwd. Het netto effect van CO<sub>2</sub>-vorming en methaanafbraak kan in termen van CO<sub>2</sub>-equivalenten kwantitatief worden beschouwd.

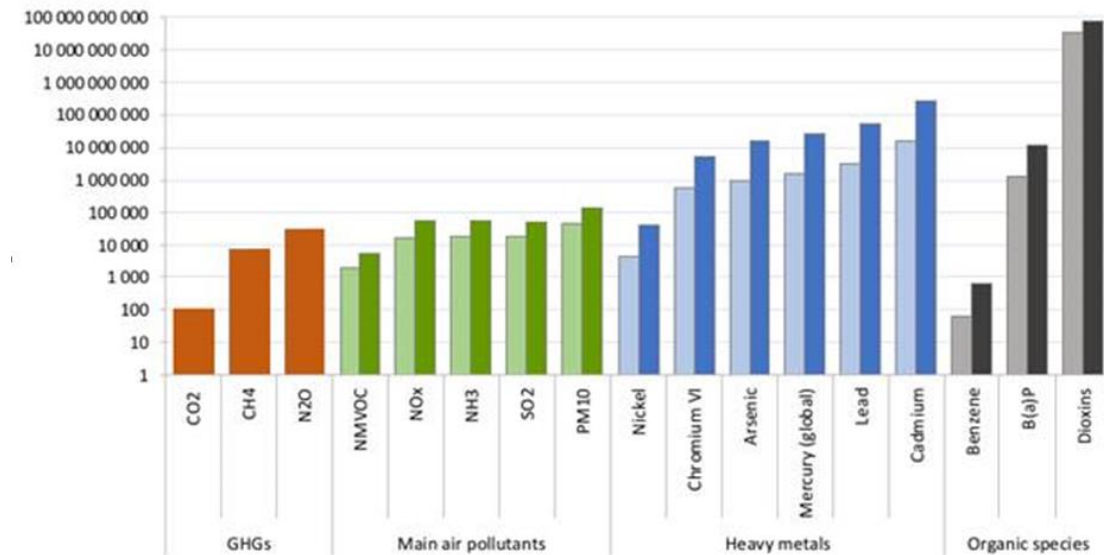
**Milieuschade aan de maatschappij**

Het Europees Milieugentschap heeft samen met andere instituten de milieuschadekosten van luchtmissies berekend. Uit de samenvattende figuur van het rapport<sup>50</sup> (zie hierna) kan worden afgeleid dat de schadekosten van de uitstoot van NMVOS aanzienlijk hoger is dan die van benzeen (*logaritmische schaal voor de kosten*) en dat de kosten van bv. NO<sub>x</sub> in rookgas hoger zijn die van NMVOS. De schadekostenmethode maakt het mogelijk om extra uitstoot van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ammoniak te beschouwen ten opzichte van minder benzeenuitstoot.

<sup>49</sup> De CO<sub>2</sub> die ontstaat door de verbranding van de overige koolwaterstoffen (VOS) in de productdamp hoeft niet te worden beschouwd omdat VOS in de atmosfeer ook tot CO<sub>2</sub> en water worden geoxideerd.

<sup>50</sup> ETC/ATNI Report 04/2020: Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2017; 18 Aug 2021

Figure 1: Estimates of average damage cost per tonne emitted all air pollutants considered in € (€<sub>2019</sub>)



Figuur 5.2 – Milieuschadekosten van luchtmissies (ETC/ATNI Report 04/2020; Figure 1; bandbreedte<sup>51</sup>)

### ZZS vermijden door productvervanging

De terminals hebben geen invloed op de beschikbare brandstoffen. ZZS vermijden door productvervanging aanvullend op de ontwikkeling van biobrandstoffen is geen optie voor de tankopslagbedrijven.

Het weren van producten met een hoog ZZS-gehalte, zoals pygas, voorkomt niet dat ZZS-rijke producten ontstaan en dus ergens zullen worden opgeslagen.

### VOS/ZZS-uitstoot beperken

Uit de analyse van emissiebeperkende technieken blijkt dat de grootste reducties kunnen worden bereikt door:

- Behandelen van de daklandingsverliezen in een dampverwerkingsinstallatie (DVI)
- Beperken van uitdampingsverliezen door het overkoepelen van uitwendig drijvende daken
- Bestaande opslagtanks vervangen door dichte opslagtanks met dampbehandeling

Met het aanscherpen van de emissiegrenswaarde van de dampverwerkingsinstallatie kan geen substantiële ZZS-reductie worden bereikt en omdat dit ook gepaard gaat met vooral negatieve afwenteleffecten is dit niet nader beschouwd.

De eerste twee maatregelen zijn gangbaar, de laatste is niet gangbaar bij *bestaande* opslagtanks. Veel tankopslagbedrijven beschouwen het 'dicht maken' van de *bestaande* opslagtanks met een

<sup>51</sup> For 'main' regulatory air pollutants, heavy metals and organic pollutants, the figure presents lower and upper bounds of damage costs per tonne emitted. For the main air pollutants, damage costs are expressed as a range, corresponding to the use of two contrasting but complementary approaches for valuing health damage. The lower values relate to the approach accounting for the value of a life year (VOLY), and the higher values to the approach based on the value of statistical life (VSL). The "low" and "high" damage cost estimates for the main air pollutants, therefore, reflect the different indicator choices. For heavy metals and organic species, however, the low and high damage costs refer to confidence intervals.

inwendig drijvend dak niet als technisch verantwoord doordat deze tanks niet voor de noodzakelijke overdruk zijn ontworpen.

Zowel het behandelen van daklandingsverliezen als het overkoepelen van opslagtanks met een uitwendig drijvend dak zijn effectieve maatregelen die als bewezen techniek met aanvaardbare kosten en met positieve tot neutrale afwenteleffecten. Alleen voor de zeer grote opslagtanks zoals die voor aardolie worden gebruikt (diameter 75-100 m) is het overkoepelen (nog) geen bewezen techniek. Met beide maatregelen (behandelen en overkoepelen) opgeteld kan een VOS/ZZS-reductie worden bereikt van ruim 60% voor de opslag van vluchtige aardolieproducten. Het vervangen van bestaande tanks door vastdaktanks met dampverwerking is effectief in het beperken van de VOS/ZZS-uitstoot maar is ongunstig ten aanzien de overige criteria (validatie, bedrijfszekerheid, kosten en afwenteleffecten).

Na het uitvoeren van de eerste twee genoemde maatregelen ontstaat er een ander beeld van de emissiebronnen zoals in de volgende tabel aangegeven. De uitstoot van de vluchtige producten zoals benzine en nafta, is dan dusdanig afgenomen door de maatregelen dat de 'onbehandelde' uitstoot van de minder vluchtige producten zoals kerosine en gasolie bepalend wordt.

Tabel 5.2 – Effect van de maatregelen op de totale uitstoot van ZZS

| Productgroep                | Huidige situatie | Daklanding behandelen in DVI | Aanvullend overkoepelen van uitwendig drijvend dak |
|-----------------------------|------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|
| Benzine en nafta            | 52%              | 28%                          | 17%                                                |
| Kerosine, diesel en gasolie | 31%              | 31%                          | 31%                                                |
| Stookolie en CBO            | 9%               | 9%                           | 9%                                                 |
| Aardolie                    | 5%               | 5%                           | 5%                                                 |
| Chemicaliën en gassen       | 3%               | 3%                           | 3%                                                 |
| <b>Totaal</b>               | 100%             | 76%                          | 65%                                                |

## Implementatie

*Wat is een kosteneffectieve strategie om emissies van ZZS te minimaliseren?*

Zowel het behandelen van daklandingsverliezen als het overkoepelen van opslagtanks met een uitwendig drijvend dak zijn effectieve maatregelen die als bewezen techniek met aanvaardbare kosten en met positieve tot neutrale afwenteleffecten. Alleen voor de zeer grote opslagtanks zoals die voor aardolie worden gebruikt (diameter 75-100 m) is het overkoepelen (nog) geen bewezen techniek. Daarbij is monitoring van de goede werking van drijvende daken en reparatie van lekkende afdichtingen een belangrijke maatregel.

Het ligt dan voor de hand om vervolgens de emissies van de minder vluchtige producten (K2 en K3) te beperken alvorens verdergaande maatregelen te treffen voor de vluchtige producten (K1). Daarbij kan in eerste instantie worden gedacht aan:

- Dampretoursysteem (dampen zijn niet brandbaar/explosief)
- Aansluiten van vastdaktanks op bestaande dampverwerkingsinstallatie
- Gaswassing met een product dat compatibel is met het product in de tank



Met de hier voorgestelde gaswassing kan de verzadigde wasvloeistof (bijvoorbeeld diesel) weer aan de producttank worden toegevoegd zodat er nagenoeg geen afwenteleffecten zijn. De voorwaarde is wel dat deze kosteneffectieve techniek wordt toegestaan. De emissiegrenswaarden in de wetgeving vergen nu namelijk aanvullende nageschakelde technieken zoals adsorptie (actief kool) of naverbranding die de kosten sterk verhogen en gepaard gaan met negatieve afwenteleffecten.

Een drijvend dak voor opslag van destillaten zoals kerosine en gasolie zal veelal grote aanpassingen aan de vastdaktanks vergen en wordt daarom als een maatregel aanvullend op de hiervoor genoemde maatregelen gezien.

## 5.5 Beschouwing

### Onzekerheid

Het gehalte aan ZZS in K3-K4-producten (kerosine, gasolie, stookolie) is onbevredigend bekend, in de zin dat de lage concentraties van de beschouwde ZZS niet voldoende nauwkeurig bekend zijn voor een goede schatting van de werkelijkheid.

De concentratie van andere ZZS dan benzeen in de omgevingslucht bij woningen in het havengebied van Amsterdam en Rijnmond is niet bekend. Hierbij moet worden opgemerkt dat de bijdrage van de tankopslagsector ten opzichte van de MTR-waarden het hoogst is voor benzeen. Er zijn ook geen aanwijzingen dat de concentraties van 1,3-butadieen, isopreen of naftaleen beduidend zijn ten opzichte van de MTR-waarden.

### Discussie: risicobenadering in plaats van 'nulemissie'

De classificatie van een stof als ZZS is gebaseerd op een of meerdere zorgwekkende *eigenschappen*, bijvoorbeeld carcinogeniteit of accumulatie in de voedselketen (bioaccumulatie). Of een ZZS zorgwekkend is voor de volksgezondheid of de natuur hangt niet alleen af van de eigenschap maar ook van de mate en de blootstelling. In het huidige milieubeleid wordt geen onderscheid gemaakt in de mate waarin een stof zorgwekkend is. Zo is de emissiegrenswaarde voor alle stofvormige/dampvormige ZZS gelijk, ongeacht de mate van bijvoorbeeld carcinogeniteit of bioaccumulatie.

De ZZS in de dampen van de opgeslagen aardolieproducten zoals benzeen, 1,3-butadieen, isopreen en naftaleen worden in de atmosfeer en na depositie afgebroken. Deze ZZS zijn niet bioaccumulerend en daarmee onvergelijkbaar met bijvoorbeeld PCBs, dioxines of PFAS.

De concentraties in de omgevingslucht zijn, voor zover bekend, aanvaardbaar volgens de geldende criteria voor luchtkwaliteit. Voor zover niet bekend zijn er geen aanwijzingen dat de concentraties onaanvaardbaar zouden kunnen zijn.

De ZZS-bepaling 'emissies voorkomen en indien dat niet mogelijk is tot een minimum beperken' van het Activiteitenbesluit (artikel 2.4, lid 2) wordt door sommigen als een streven naar 'nulemissie' geïnterpreteerd ongeacht of dit tot enige significante verbetering van de leefomgeving leidt en ongeacht of dit tot aantoonbare verslechtering van de leefomgeving leidt.

Een risicobenadering met toetsing aan de aanvaardbaarheid van het risico gecombineerd met een afweging van de afwenteleffecten helpen om te komen tot maximale winst voor gezondheid en natuur bij investeringen in emissiebeperkende technieken.

## 5.6 Aanbevelingen

De hierna genoemde aanbevelingen zijn gericht op het kosteneffectief een substantieel verbeteren van de leefomgeving door maatregelen bij de tankopslag van aardolieproducten. Met de aanbevelingen is gezocht naar maximale maatschappelijke waarde, los van wettelijke eisen die aan ZZS worden gesteld.

### 5.6.1 VOTOB en tankopslagbedrijven

Om VOS/ZZS-emissies substantieel terug te dringen wordt aanbevolen dat de bestaande tankopslagbedrijven:

- De daklandingsverliezen behandelen
- De opslagtanks met een uitwendig drijvend dak overkoepelen met een ventilerend dak indien technisch mogelijk
- De goede werking van drijvende daken systematisch wordt gemonitord aangevuld met reparatie van lekkende afdichtingen op een wijze die vergelijkbaar is met het lekverliezenprogramma voor apparaten

Als deze maatregelen eenmaal getroffen zijn voor vluchtige producten (K1), wordt aanbevolen de emissies van de minder vluchtige producten (K2 en K3) te beperken door:

- Dampretoursysteem
- Aansluiten van vastdaktanks op bestaande dampverwerkingsinstallatie
- Gaswassing met een product dat compatibel is met het product in de tank

Met de hier voorgestelde gaswassing kan de verzadigde wasvloeistof (bijvoorbeeld diesel) weer aan de producttank worden toegevoegd zodat er nagenoeg geen afwenteleffecten zijn. De voorwaarde is wel dat deze kosteneffectieve techniek wordt toegestaan in de wetgeving.

In het belang van communicatie met de omgeving wordt tevens aanbevolen om

- Een registratie bij te houden van de jaarlijkse:
  - uitstoot van VOS en benzeen als belangrijkste ZZS
  - getroffen aanvullende emissiebeperkende maatregelen
- Deze gegevens vervolgens openbaar te maken, bijvoorbeeld in VOTOB-verband
- Het gehalte aan ZZS in de producten om de vijf jaar in VOTOB-verband te bepalen en rapporteren

### 5.6.2 Rijkswaterstaat, omgevingsdiensten en VOTOB

Een drijvend dak is een effectieve wettelijke maatregel voor het voorkomen van VOS/ZZS en is veruit de belangrijkste maatregel bij tankopslag. De effectiviteit is afhankelijk van goed werkende afdichtingen. Aanbevolen wordt een landelijk meetprotocol te ontwikkelen in analogie met het lekverliezenprogramma voor apparaten om te komen tot:

- Kwantificering van de werkelijke emissies
- Uniforme, stelselmatige monitoring van opslagtanks met een drijvend dak
- Emissiebeperking door reparatie volgens uniforme afspraken

Hierbij kan nog worden aangestipt dat het bovenstaande genoemd is in de laatste versie van het BBT referentiedocument voor de behandeling van afgassen in de chemische industrie (final draft van maart 2022).

### 5.6.3 Ministerie van IenW

Gelet op de effecten voor de volksgezond en de natuur en gelet op de maatschappelijke kosten en baten wordt aanbevolen dat het Ministerie de volgende aanpassingen beschouwt in het landelijk milieubeleid:

- Onderscheid in ZZS gebaseerd op de *effecten* voor de volksgezondheid en natuur, persistentie en bioaccumulatie; dat een stof een zeer zorgwekkende eigenschap bezit, betekent niet zonder meer dat die stof een zorgwekkend effect heeft; dat hangt mede van de mate en blootstelling af
- Invulling van de ZZS-minimalisatieverplichting volgens een risicobenadering gebaseerd op het maximaal toelaatbaar risico en verwaarloosbaar risico voor producten met ZZS die redelijkerwijs niet kunnen worden vermeden en waarvan de blootstelling aan deze ZZS een te verwaarloosbaar risico voor de volksgezondheid en natuur oplevert en die niet leidt tot bioaccumulatie; concreet gesteld hoeft dan niet naar een 'nulemissie' te worden gestreefd maar naar een aanvaardbaar risico
- ZZS-beleid bij de tankopslag van aardolieproducten tot onderdeel van VOS-beleid maken. Dit is gerechtvaardigd doordat er voor deze *milieubelastende activiteit* geen verschil is tussen VOS- en ZZS-maatregelen. Concreet zouden in hoofdstuk 4 van het BAL VOS/ZZS-maatregelen kunnen worden gesteld zodat de algemene ZZS-regels van hoofdstuk 5 niet van toepassing zijn op de milieubelastende activiteit *grootschalige op- en overslag van vloeibare aardolieproducten en vloeibare biobrandstoffen*
- In het VOS/ZZS-beleid voor tankopslag van aardolieproducten een gaswasser toestaan voor niet-vluchtige producten zoals gasolie en stookolie met een hogere VOS/ZZS-concentratie dan de algemene luchtvoorschriften; dit is te rechtvaardigen door aanvullend beleid op het Europese beleid voor tankopslag en het vóórkomen van ongewenste afwenteleffecten
- Bij het streven naar ZZS-minimalisatie afwenteleffecten uitgebreider beschouwen en het verbieden van maatregelen waarvan aannemelijk kan worden gemaakt dat die een netto negatief effect hebben voor de volksgezondheid of natuur; dit is met name van belang voor tankopslag van aardolieproducten omdat de schade door ZZS van onderschikt belang is ten opzichte van afwenteleffecten die een effect hebben op grootschalige luchtverontreiniging
- De indeling van ZZS in MVP1 en MVP2 baseren op de fysische toestand bij het emissiepunt; de scherpere emissiegrenswaarde voor MVP1 (0,05 mg/Nm<sup>3</sup>) ten opzichte van die voor MVP2 (1 mg/Nm<sup>3</sup>) is gebaseerd op filtratie die als techniek toepasbaar is voor vaste deeltjes (MVP1) in tegenstelling tot gassen en dampen (MVP2).

- De vluchtigere PAK-verbindingen zijn bij omgevingstemperatuur vaste stoffen maar de dampspanning is dermate dat deze verbindingen ook als damp in concentraties hoger dan 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> kunnen voorkomen. De emissiegrenswaarde voor MVP2 zou dan gelden voor de dampvormige PAK-verbindingen en die van MVP1 voor de stofgebonden deeltjes in het emissiepunt

#### 5.6.4 Provincies Noord-Holland en Zuid-Holland

De provincies Noord-Holland en Zuid-Holland hebben een luchtkwaliteitsmeetprogramma aanvullend op het landelijke meetnet van RIVM. Alleen voor benzeen is de concentratie in de buitenlucht regelmatig gemeten. Om de risico's van ZZS in de lucht voor de volksgezondheid in de havengebieden van Amsterdam en Rotterdam te kunnen vaststellen zouden ook concentraties van een aantal andere ZZS bekend moeten zijn.

Aanbevolen wordt om het monitoringsprogramma voor luchtkwaliteit voor een aantal jaren uit te breiden met isopreen, 1,3-butadien, eventueel met naftaleen.