

**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: [ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

## **Ontgassen van lichters**

Een studie naar de mogelijke kosten  
van maatregelen ter beperking van  
VOS-emissies in de binnentankvaart

### **Rapport**

Delft, december 2003

Opgesteld door: S.M. (Sander) de Bruyn  
M.N. (Maartje) Sevenster  
J. (Jessica) van Swigchem  
H.J. (Harry) Croezen  
K. (Kirsten) van Loo  
B.H. (Bart) Boon  
F.W. (Folmer) de Haan



# Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

S.M. (Sander) de Bruyn, M.N. (Maartje) Sevenster, J. (Jessica) van Swigchem, H.J. (Harry) Croezen, K. (Kirsten) van Loo, B.H. (Bart) Boon, F.W. (Folmer) de Haan  
Ontgassen van lichters  
Een studie naar de mogelijke kosten van maatregelen ter beperking van VOS-emissies in de binnentankvaart  
Delft, CE, 2003

Benzine / Gassen / Vluchtige organische verbindingen / Emissies / Inventarisatie / Grenswaarde / Binnenvaart / Investeringskosten / Kosteneffectiviteit

Publicatienummer: 03.7445.15

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE  
Oude Delft 180  
2611 HH Delft  
Tel: 015-2150150  
Fax: 015-2150151  
E-mail: [publicatie@ce.nl](mailto:publicatie@ce.nl)

Opdrachtgever: VNPI, VOTOB, AVV

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maartje Sevenster.

© copyright, CE, Delft

## **CE**

### **Oplossingen voor milieu, economie en technologie**

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkterreinen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

# Inhoud

Samenvatting	1
Executive summary	7
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond	13
1.2 Aanleiding tot dit onderzoek en centrale vraagstelling	13
1.3 Uitvoering	14
1.4 Leeswijzer en relatie tot eerdere rapporten	15
2 De praktijk van ontgassen	17
2.1 Inleiding	17
2.2 Definities en situatieschets	17
2.2.1 Definitie van ontgassen	17
2.2.2 Situaties waarbij ontgassen voorkomt	17
2.2.3 Stoffen waarbij ontgassen nodig is	19
2.2.4 Situaties waarbij ontgassen niet nodig is	19
2.3 Huidige praktijk rond ontgassen	20
2.3.1 Vrij ontgassen	20
2.3.2 Dedicatie / comptabiliteitsvaart	22
2.3.3 Ontgassen bij de AVR	23
2.3.4 Werfbezoek	24
2.3.5 Huidige praktijk: samenvatting	24
2.4 Beleidsmatige achtergrond van het ontgassen	25
2.4.1 Situatie in Duitsland	25
2.4.2 Situatie per 1/1/2006 in Nederland	26
3 Transportgegevens	29
3.1 Inleiding	29
3.2 De binnenvaartmarkt en de positie van de benzinetankvaart daarin	29
3.3 Bepaling van de transportgegevens	30
3.4 De vervolglading bepaalt of er ontlucht wordt of niet	31
3.5 Relevante ladinggewichten voor het ontluchten	32
4 Emissies van VOS als gevolg van ontgassen	35
4.1 Inleiding	35
4.2 Formule voor het bepalen van de emissies	35
4.3 Emissiefactoren en emissies volgens referentiewaarden	36
4.4 Verfijningen op de emissiefactor	38
4.4.1 Temperatuur en type benzine	38
4.4.2 Verzadigingsfactor	39
4.4.3 Uitdampen van vloeistof bij nalenzen	40
4.4.4 Dampconcentratie na ontluchten	40
4.4.5 Percentage ontluchting	40
4.4.6 Fluctuaties in de jaarcijfers	41
4.4.7 Effect van onvolledige belading	42
4.5 Bepaling van de VOS-emissies als gevolg van ontgassen	42
4.6 Variaties en onzekerheden	45
4.7 Conclusies emissies	46

5	Maatregelen om ontgassen te voorkomen	49
5.1	Inleiding	49
5.2	Mogelijke oplossingsrichtingen	49
5.2.1	Dedicatie en compatibiliteitsvaart	49
5.2.2	Ontgassings-DVI aan de wal	50
5.2.3	Ontgassings-DVI aan boord	51
5.2.4	Dampverwerking: absorptie aan boord	52
5.2.5	Wassen met water	52
5.2.6	Conclusies oplossingsrichtingen	53
5.3	Kosten van oplossingsrichtingen	53
6	Kosten en effecten van compatibiliteits- en dedicatievaart	55
6.1	Inleiding	55
6.2	Omvang van de maatregel	55
6.2.1	Aangepaste emissies bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart	56
6.2.2	Aantal reizen waarbij niet langer ontgast kan worden	57
6.3	Kosten van de maatregel voor UN1203	58
6.3.1	Extra vaarkilometers	58
6.3.2	Kosten als gevolg van verlies aan opbrengsten	61
6.3.3	Kosten als gevolg van extra wachttijden bij de DVI	62
6.3.4	Samenvattend overzicht kosten UN1203	63
6.4	Neveneffecten als gevolg van de maatregel	64
6.4.1	Effecten op de veiligheid	64
6.4.2	Effecten op het milieu	65
6.4.3	Effecten op kwaliteit van beladingen	65
6.5	Kosten van uitbreiding naar andere stoffen	66
6.5.1	Kosten als gevolg van lege vaarkilometers	66
6.5.2	Kosten als gevolg van verminderde opbrengsten	68
6.5.3	Kosten als gevolg van langere wachttijden	69
6.5.4	Totale kosten uitbreiding met andere stoffen	70
6.5.5	Effecten op het milieu	72
6.6	Conclusies verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart	72
7	Kosten en effecten van het plaatsen van diverse soorten DIV's	75
7.1	Inleiding	75
7.2	De wijze waarop het ruim wordt ontgast	75
7.2.1	Ventilatie	75
7.2.2	Verdringing	76
7.2.3	Evacuatie	77
7.3	Verwerking van de dampen	77
7.3.1	Vernietiging van vrijgekomen VOS door thermische oxidatie	78
7.3.2	Vernietiging in een gasmotor	79
7.3.3	Terugwinning	81
7.4	Aannames en relaties tussen kostenposten	83
7.4.1	Gehanteerde aannames	83
7.4.2	Inzicht in de relaties	84
7.5	Illustratie aan de hand van een zestal praktijksituaties	86
7.5.1	Situatie 1: Alleen UN1203 bij de meest belangrijke laadpunten	87
7.5.2	Situatie 2: Alleen UN1203 bij belangrijke lospunten	88
7.5.3	Situatie 3: Combinatie DVI en dedicatievaart met 1 DVI bij het belangrijkste lospunt van UN1203	89
7.5.4	Situatie 4: Alleen UN1203 bij het belangrijkste laadpunt	91
7.5.5	Situatie 5: Een DVI op de 4 grootste loslocaties	92
7.5.6	Situatie 6: Bouw van een DVI bij de meest belangrijke inlaadpunten	93

7.6	Interpretatie van de resultaten: Is een DVI aan te raden als het verbod wordt uitgebreid naar andere stoffen?	94
7.6.1	De kosten vergeleken	95
7.6.2	Vergelijking op verlies aan opbrengsten voor de schipper	95
7.6.3	Mogelijke kostenvoordelen van andere positionering	96
7.6.4	De markt voor ontgassen is dynamisch en kleiner dan gedacht	96
7.6.5	Handhaving	98
7.6.6	Effecten op het milieu	99
7.6.7	Samenvattend overzicht extra aannames	100
8	Conclusies en aanbevelingen	103
	Literatuur	105
A	Transportgegevens AVV	111
B	Stofgegevens	115
C	Kostenbepaling van de benzinetankvaart	119
D	Apparatuur en kosten van DVI's	123
E	Uitgangspunten bij berekeningen hoofdstuk 6 en 7	127
F	(Inter)nationaal beleidskader	129
G	Wachttijdtheorie	135



# Samenvatting

## Aanleiding

Ontgassen is het al dan niet actief afvoeren van damp van vluchtige organische stoffen (VOS) uit de ladingtank van een schip dat aardoliehoudende producten vervoert. Ontgassen vindt normaliter plaats nadat de lading is gelost en in het ruim nog damp en ladingrestanten aanwezig zijn. Deze moeten worden verwijderd voordat er nieuwe niet-compatibele lading kan worden ingeladen in de tanks.

Het Ministerie van V&W heeft aangekondigd het voornemen te hebben om per 1/1/2006 het vrij ontgassen van benzine door binnenvaartschepen (ook wel lichters genoemd) te verbieden. Met een voorgenomen verbod sluit Nederland aan bij de situatie in Duitsland, dat eveneens ontgassen wil verbieden, en bij de andere lidstaten van de Centrale Commissie van de Rijn-scheepvaart (CCR) waar nu reeds een totaalverbod op het vrij ontgassen van benzine geldt. Door de aansluiting bij de aan Nederland grenzende landen kan 'ontgassingstoerisme' voorkomen worden waarbij internationaal varende binnenvaartschepen juist in Nederland hun ruim ontgassen omdat dat in andere landen verboden is.

Het voorgenomen verbod op vrij ontgassen omvat alleen benzine, oftewel UN1203. Benzine is echter niet de enige stof waarbij VOS-emissies vrijkomen als gevolg van vrij ontgassen. Transporten van onder andere UN1230 (methanol), UN1114 (benzeen), UN1268 (restcategorie aardoliederivaten), UN3295 (koolwaterstoffen met mogelijk carcinogene componenten), UN1993 (brandbare vloeistof met mogelijk carcinogene componenten) en UN2398 (MTBE) leiden samen met transport van UN1203 tot ongeveer 80% van de totale VOS emissies als gevolg van ontgassen.

In eerdere studies werd aangenomen dat het daarbij om omvangrijke hoeveelheden emissies ging, variërend van 1-10% van het Nederlandse totaal aan VOS-emissies. Doordat deze emissiebron tot nu toe niet werd gereguleerd was er weinig reden om diepgaand onderzoek te doen naar de werkelijke omvang van deze emissies en was deze omvang dus niet goed bekend. Daarnaast was het onduidelijk hoe een eventueel verbod op ontgassen zou kunnen worden nageleefd.

## Onderzoeksvraag

In deze studie staat de volgende onderzoeksvraag centraal:

*Hoeveel emissies van VOS ontstaan jaarlijks in Nederland door vrij ontgassen en wat is een effectieve (kosteneffectieve en uitvoerbare) manier om aan een wettelijke verplichting die vrij ontgassen verbiedt, te voldoen.*

Gegeven de tweeledige onderzoeksvraag, valt de hoofdstudie logischerwijs in twee fases uiteen:

- 1 *Emissiebepaling*: hoeveel kiloton VOS wordt geëmitteerd als gevolg van ontgassing van lichters?
- 2 *Effectiviteit*: wat is een goede manier om aan het voorgenomen verbod te voldoen, kijkend naar de kosten en uitvoerbaarheid van mogelijke maatregelen?

In deze studie wordt onderzocht wat de emissies en effectiviteit van een verbod op ontgassen zijn bij zowel het vervoer van alleen UN1203, als bij het vervoer van de andere stofnummers. Omdat het voorgenomen verbod in principe alleen voor het vervoer van UN1203 gaat gelden, zullen de emissies en kosten hierbij nauwkeuriger bepaald worden dan voor de andere stoffen.

### **Emissiebepaling**

Er zijn twee manieren waarop damp uit de ladingtank wordt verwijderd:

- ontgassen waarbij de damp (al dan niet tijdens het varen) via de ventilatoren uit het ruim wordt geblazen; de damp wordt naar de lucht geventileerd (vrij ontgassen) of verwerkt in een ontgassings-dampverwerkingsinstallatie (gecontroleerd ontgassen);
- dampretour waarbij op het moment van laden waarbij de damp door het vullen uit de tanks wordt gedrukt; hierbij kan de damp al of niet in een traditionele dampverwerkingsinstallatie verwerkt worden.

Alleen als de dampen niet verwerkt worden ontstaan omvangrijke emissies van VOS.

Om de omvang van de jaarlijkse VOS-emissies te bepalen is gebruik gemaakt van een omvangrijke database over alle vaarbewegingen in de binnentankvaart in 2002 die beschikbaar is bij de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV). Voor elk van de stoffen UN1203, UN1230, UN1114, UN1268, UN3295, UN1993 en UN2398 is door ons vervolgens bepaald hoeveel vaarten er hebben plaatsgevonden, hoeveel Mton in totaal is gelost, hoeveel daarvan werd gevolgd door lading met hetzelfde UN nummer (dedicatievaart), hoeveel door compatibele lading (compatibele vaart), hoeveel door niet-compatibele lading en hoeveel door een ontgaste reis. Hieruit kan het ontgassingspercentage worden berekend. De indeling is verder verfijnd voor vaarten binnen Nederland, vanuit Nederland, door Nederland en naar Nederland.

De VOS-emissie is berekend door - per UN-code - het ontgassingspercentage te vermenigvuldigen met de hoeveelheid damp die na lossingen in de tanks achterblijft. De damphoeveelheden worden op hun beurt bepaald door de hoeveelheid geloste lading, een aantal fysische grootheden - dichtheid, dampdruk, mate van verzadiging, de gemiddelde temperatuur - en de gemiddelde hoeveelheid vloeibare lading die na lossen nog in een schip achterblijft. Een overzicht van de aannames, de variaties hierop en de onzekerheden van de bepaalde emissies is gegeven in hoofdstuk 4.

Tabel 1 geeft een overzicht van de in deze studie gevonden emissies van VOS. Hierbij is er vanuit gegaan dat de emissies plaatsvinden nabij de locatie van lossing. Emissies na transport naar of binnen Nederland worden daarom onder emissies 'In Nederland' gerekend en emissies na transport door of vanuit Nederland onder 'In Duitsland+ (met vervoer door NL)'. Duitsland+ staat voor Duitsland met achterliggende landen; het grootste deel van de emissies in deze categorie vindt plaats in Duitsland en het resterende deel voornamelijk in Zwitserland.





Tabel 1 Gevonden emissies van VOS (op basis van transportgegevens over 2002)

	Emissie-factor	Gemiddeld % ontluicht	Totaal losgewicht	VOS-emissies		
				In NL	In Duitsland+	In Duitsland+
			Alles in, door, van of naar NL		Met vervoer door NL	Zonder doorvoer door NL
	kton/Mton	%	Mton	kton	kton	kton
UN1203	0,93	23	7,17	0,70	0,50 <sup>1</sup>	0,62 <sup>1</sup>
UN1268	0,20	60	3,74	0,15	0,29	0,17
UN3295	0,38	93	2,45	0,49	0,38	Geen data
UN1114	0,22	70	1,27	0,08	0,11	Geen data
UN1230	0,16	88	1,27	0,02	0,16	Geen data
UN1993	0,24	96	0,77	0,11	0,07	Geen data
UN2398	0,65	97	0,66	0,26	0,16	Geen data
TOTAAL				<b>1,81</b>	<b>1,67</b>	

Uit deze tabel blijkt dat de emissies van VOS in Nederland door het vervoer van UN1203 ongeveer 0,7 kton per jaar bedragen en voor alle beschouwde stoffen circa 1,8 kton. Dit is hooguit 0,65% van het totaal aan VOS-emissies in Nederland en daarmee zijn deze schattingen aanzienlijk lager dan in eerdere studies vermeld werd. Aan de resultaten kleefte enige onzekerheid, maar deze is voor UN1203 beperkt. Voor UN3295 is de onzekerheid het grootst, omdat deze categorie een grote verscheidenheid aan stoffen omvat.

#### Mogelijke oplossingsrichtingen

Ontgassen is niet altijd noodzakelijk. Indien een schip dezelfde soort lading inlaadt als er was gelost, is er sprake van dedicatievaart of compatibiliteitsvaart. In dat geval worden de dampen tijdens het laden verwerkt in een dampverwerkingsinstallatie (DVI) indien deze beschikbaar is. De huidige dampverwerkingsinstallaties zijn echter niet geschikt voor het ontgassen van een schip dat niet geladen wordt, dat wil zeggen, als er sprake is van gecontroleerd ontgassen. Dit is vanwege het verschil in concentratie 'lading' in de damp: in het geval van dampretour bij het laden is deze concentratie vele malen hoger dan bij gecontroleerd ontgassen. In dit laatste geval is de damp immers vermengd met meer lucht.

Om het vrijkomen van dampen te voorkomen moeten daarom nieuwe maatregelen worden genomen. Deze vallen uiteen in vijf opties:

- verplichte compatibiliteits- en dedicatievaart waarbij de binnenvaart alle situaties vermijdt waarin ontgassen noodzakelijk is;
- de bouw van een ontgassings-DVI, analoog aan de installatie bij de Afvalverwerking Rijnmond (AVR), waar schepen hun ruim kunnen laten ontgassen;
- een dual-fuel motor aan boord van het schip waarmee ook gassen uit het ruim kunnen worden verbrand;
- absorptie van de gassen aan boord van het schip;
- het 'spoelen' - met gebruik van dampretour - van het ruim van het schip met water of stikstof.

In deze studie zijn de eerste twee opties als meest aannemelijk geschetst, met de kanttekening dat de derde optie eventueel interessant zou zijn na een uitgebreid veiligheidsonderzoek over de effecten. Dit valt echter buiten

<sup>1</sup> Ontluchtingspercentage voor UN1203 in Duitsland is 14% i.p.v. 23% (Tabel 12) omdat daar ook bij compatibele vaart ontluichten verboden is.

het bestek van deze studie, omdat deze mogelijkheid op dit moment volgens het ADNR verboden is.

### **Dedicatie en compatibiliteitsvaart**

Dedicatie- en compatibiliteitsvaart leidt vooral tot extra vaarkilometers. In deze studie wordt berekend dat de totale toename aan vaarkilometers maximaal ongeveer 7% is bij het vervoer van UN1203. Dit leidt tot extra kosten. De extra kosten kunnen worden onderverdeeld in:

- 1 Extra vaarkilometers doordat alle niet-compatibele vaart niet langer gemaakt kunnen worden en er daardoor vaker leeg gevaren zal moeten worden. Deze kosten zijn uitgesplitst in extra arbeids-, brandstof en onderhoudskosten.
- 2 Verlies aan logistieke efficiëntie doordat niet langer de meest efficiënte lading kan worden ingeladen en schepen daardoor minder reizen per jaar maken en dus minder opbrengsten per schip.
- 3 Extra wachttijden bij bestaande DVI's doordat die vaker gebruikt zullen gaan worden.

Deze extra kosten variëren van € 0,25 tot 1,25 miljoen per jaar, afhankelijk van de manier van kostentoe rekening (factor 2) en van de reikwijdte van het verbod (factor 2,5: alleen voor lossen in Nederland of voor alle transporten). Per kg vermeden VOS komen de kosten uit op € 0,8 tot 1,7 per kg VOS voor UN1203. Dat is goedkoop in vergelijking met maatregelen die in de industrie zijn onderzocht in het kader van de invulling van de NEC-richtlijnen. Concluderend kunnen we daarmee stellen dat verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart een kosteneffectieve strategie is om met name VOS-emissies als gevolg van het transport van UN1203 te reduceren.

Indien het voorgenomen verbod op ontgassen wordt uitgebreid naar de andere stofnummers pakken de kosten hoger uit. De totale kosten voor verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart met een verbod tot ontgassen bedragen in dat geval ongeveer € 3,5 miljoen per jaar met een gemiddelde kosteneffectiviteit van ongeveer € 1,7 - 3,2 per kg vermeden VOS. Daarmee concluderen we dat ook de VOS-emissies als gevolg van het vervoer van andere stofnummers tegen relatief geringe kosten kan worden gereduceerd met dedicatie- en compatibiliteitsvaart, met uitzondering van twee stofcategorieën: UN1230 en UN1993. Het verbieden van ontgassen bij het vervoer van deze stoffen kan alleen tegen erg hoge kosten - in vergelijking met algemene VOS reductie maatregelen - worden gerealiseerd met dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Gegeven de kosten zou het daarom aan te bevelen zijn om deze stoffen uit te sluiten van een eventuele uitbreiding van het verbod.

Er zijn effecten op het milieu van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart: met name meer CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>-emissies. De milieuschade daarvan kan worden gekwantificeerd op ongeveer € 1,5 miljoen per jaar, voor alle zeven beschouwde stoffen tezamen. Voor het vervoer van UN1203 zullen de gekwantificeerde milieukosten ruim € 0,2 miljoen bedragen.

### **Plaatsing van ontgassings DVI's**

Indien het verbod wordt ingevuld door de bouw van ontgassings-DVI's, komt de vraag naar voren hoeveel van dergelijke DVI's er moeten worden gebouwd in Nederland en waar ze moeten worden gebouwd om een verbod op vrij ontgassen effectief te kunnen naleven.



In deze studie zijn zes mogelijke varianten onderzocht. De conclusie moet allereerst zijn dat het aantal schepen die UN1203 vervoeren in Nederland te gering is om een ontgassings-DVI rendabel te maken. De totale kosten zijn een factor 3 tot 10 hoger dan bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart.

Indien het verbod op ontgassen wordt uitgebreid naar andere stoffen, blijven de kosten van het plaatsen van een DVI op de best denkbare locatie (de haven van Rotterdam) nog steeds een factor 2 duurder dan indien het verbod wordt ingevuld met verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Bovendien kan met deze DVI's niet al het transport dat in Nederland plaatsvindt ontgast worden.

De bouw van een ontgassings-DVI blijkt pas rendabel te zijn indien de DVI voor meer dan 50% van de tijd bezet wordt door een schip dat ontgast moet worden. Bij dergelijke hoge bezettingsgraden nemen echter de wachtkosten voor schippers enorm toe, omdat zij immers de kans lopen dat een schip net voor hen aan de steiger aanlegt om ontgast te gaan worden. Aangezien een gemiddelde ontgassingsbeurt minimaal ongeveer 4,5 tot 6 uur duurt, betekent dit een verlies voor de schipper.

Uit de analyse blijkt overigens wel dat plaatsing van een DVI uitgerust met een gasmotor een beter milieuprofiel heeft dan verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Als ook de milieueffecten worden gemonetariseerd kan men stellen dat plaatsing van een aantal ontgassings-DVI's met gasmotor in de haven van Rotterdam in de buurt komt van de kosten die zouden optreden bij verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart (inclusief de milieukosten). Hierbij moet wel rekening gehouden worden met het feit dat het waarschijnlijk is dat ook in de situatie met ontgassings-DVI's meer schepen in dedicatie zullen gaan varen en dat dus de kosteneffectiviteit in de praktijk wellicht niet gehaald zal worden.

### **Conclusies en aanbevelingen**

In dit rapport komen we tot enkele conclusies en aanbevelingen.

- 1 De totale emissies van VOS als gevolg van het ontgassen van lichters zijn voor het eerst nauwkeurig gekwantificeerd en blijken veel geringer dan in eerdere studies werd aangenomen en liggen rond de 1,8 kton per jaar voor het vervoer van de meest belangrijke bronnen van VOS-emissies.
- 2 Het verbod op ontgassen bij het transport van UN1203 kan - op grond van een analyse rond kosten en haalbaarheid - het beste worden ingevoerd door dedicated of compatibel te varen. Indien schippers om wat voor reden dan ook niet dedicatie- of compatibel wensen te varen, kan men bij de AVR terecht voor een ontgassingsbeurt.
- 3 Het lijkt tevens een kosten-effectieve maatregel om het ontgassingsverbod op te trekken naar de stofnummers UN1114 (benzeen), UN1268 (restcategorie aardoliederivaten) en UN2398 (MTBE). Reductie van VOS is bij vervoer van deze stofnummers in feite een kosteneffectieve strategie: de kosten liggen onder de gemiddelde kosten van VOS-reductie in de industrie. Omdat de emissiecijfers van UN3295 erg onzeker zijn, zou extra onderzoek wenselijk zijn voordat wordt besloten of deze stofcategorie ook onder een uitbreiding van het verbod zou moeten gelden. Op basis van deze studie vermoeden we dat ook VOS-emissies van UN3295 kosteneffectief vermeden kunnen worden met dedicatie- en compatibiliteitsvaart.
- 4 Ook indien het verbod wordt uitgebreid tot meerdere stofnummers is plaatsing van een DVI in alle gevallen duurder dan verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Dit komt vooral doordat de investeringskosten

per ontgast schip weliswaar afnemen als er meer schepen aanleggen om te ontgassen, maar de wachtkosten voor de schippers navenant toenemen doordat de kans toeneemt dat een ontgassings-DVI al is bezet door een ander schip. Daarom is compatibiliteits- en dedicatievaart de meest kosteneffectieve manier om emissies van VOS te reduceren. Bovendien zal ook bij invoering van ontgassings-DVI's nog steeds een deel worden ingevuld met dedicatie- en compatibiliteitsvaart, als vervoerders deze optie verkiezen.

- 5 Compatibiliteits- en dedicatievaart leidt wel tot extra uitstoot van CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>. Indien deze milieueffecten ook een prijs zouden hebben, zouden de totale kosten van dedicatie- en compatibiliteitsvaart in de buurt komen van die van het bouwen van een aantal DVI's uitgerust met een gasmotor. Daarbij moet wel de opmerking worden gemaakt dat de kosten van de plaatsing van die DVI's sterk kunnen oplopen als blijkt dat schippers de wachttijden te lang vinden en alsnog dedicatie- en compatibel gaan varen.
- 6 Omdat de emissiecijfers van UN3295 erg onzeker zijn, zou extra onderzoek wenselijk zijn voordat wordt besloten of deze stofcategorie ook onder een uitbreiding van het verbod zou moeten gelden.
- 7 De handhaving bij van zowel verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart als het ontgassen bij een DVI zou moeten gebeuren via een ladingjournaal of equivalent. In beide oplossingen ligt er voor de schippers een motief om illegaal hun ruim vrij te ontgassen: bij verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart om zo de extra vaarkilometers niet te hoeven maken, en bij het gebruik van een ontgassings-DVI om zo niet te hoeven wachten totdat er ontgast kan gaan worden en tijd en kosten uit te sparen. Deze studie heeft niet gekeken naar mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden om dergelijke fraude te voorkomen.
- 8 De veiligheidsrisico's nemen naar verwachting niet navenant toe bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart als er vaker leeg gevaren gaat worden. Uit diverse studies is gebleken dat de verwachte effecten op de veiligheid onzeker zijn. Wel neemt het totale aantal vaarten toe op de Nederlandse binnenvaartwegen met ongeveer 7%. Dit zal de kans op een eventuele botsing ook doen toenemen. In hoeverre dit leidt tot een significante verschuiving van de veiligheidsmarges is niet onderzocht in deze studie.

Zowel de kosten als de emissies in deze studie moeten met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Er zijn veel onzekere factoren in het spel. Bij de emissies schatten we in dat de totale onzekerheid in de orde van grootte van 27% voor UN1203 tot 55% voor de andere stoffen. Bij de kosten hebben we niet getracht om een onzekerheidsinterval te geven, maar een foutenmarge van 30-40% is gebruikelijk in dit soort studies. Bij de kosten gaat het om onzekerheid rond de dynamische effecten (hoe gaat de markt reageren als er een verbod op ontgassen komt) en vooral rond onzekerheid over de hoogte van de wachtkosten voor de schipper. In deze studie is gebruik gemaakt van simpele wachtrijtheorie om die kosten te bepalen, maar de kosten kunnen sterk oplopen indien schippers een voorkeur hebben voor ontgassing op een bepaald dagdeel (bijvoorbeeld 's avonds).

De uiteindelijke kosten zijn dan ook sterk afhankelijk van hoe de binnenvaartmarkt reageert op een verbod op ontgassen: als er meer dedicatie- en compatible wordt gevaren ook al kan er ontgast worden bij een DVI, dan is plaatsing van een DVI uiteraard aanzienlijk duurder dan hier berekend.



# Executive summary

## Background

Degassing refers to the active or passive pumping of vapours from volatile organic compounds (VOCs) from the tanks of vessels which transport products containing petroleum. Degassing is normally carried out after a cargo has been unloaded, when vapour and residues of the cargo remain in the tank. These must be removed before the tanks can be loaded with a new non-compatible cargo.

The Ministry of Transport, Public Works and Water Management has announced plans to ban the uncontrolled degassing of petrol by inland waterway vessels (i.e. barges) with effect from 1 January 2006. This ban would bring the Netherlands into line with Germany, which also intends to ban degassing, and the other countries belonging to the Central Commission for the Navigation of the Rhine (CCNR) where an absolute ban on the degassing of petrol has already been implemented. It would also enable the Netherlands to prevent 'degassing tourism', whereby barges operating internationally choose to have their tanks degassed in the Netherlands because this is not allowed in other countries.

The proposed ban on uncontrolled degassing applies only to petrol, i.e. UN1203. But petrol is not the only substance which generates VOC-emissions due to uncontrolled degassing. Cargoes of UN1230 (methanol), UN1114 (benzene), UN1268 (other petroleum derivatives), UN3295 (hydrocarbons which may contain carcinogenic components), UN1993 (flammable liquids which may contain carcinogenic components) and UN2398 (MTBE) account, together with UN1203, for about 80% of total VOC-emissions from degassing operations.

It was assumed in earlier studies that these emissions were considerable, in the range 1-10% of the total VOC-emissions in the Netherlands. Since these emissions were not regulated in the past, there was little reason to carry out in-depth research into their actual magnitude. Data was therefore scanty. And it was not clear how a ban on degassing could be observed.

## Object of the study

The object of the study was to answer the following question:

*What are the annual emissions of VOCs from uncontrolled degassing in the Netherlands, and how can a statutory ban be complied with effectively (i.e. cost-effective, workable measures)?*

There are therefore two components to the study:

- 1 *Calculation of emissions*: quantification of VOC-emissions resulting from the degassing of barges.
- 2 *Effectiveness*: identification of affordable and practical measures by which the proposed ban can be complied with.

In this study we have calculated the emissions and the effect of a degassing ban, for the transport of both UN1203 alone, and the other numbered substances. Since the proposed ban will in principle apply only to UN1203, the

emissions and costs will be calculated more accurately for this than for the other substances.

### **Calculation of emissions**

There are two ways in which vapour is removed from a ship's tank:

- degassing involving purging the vapour, when the ship is under way or stationary, through vents in the hold; the vapour is vented to the atmosphere (uncontrolled degassing) or may be treated in a treatment plant (controlled degassing);
- vapour balancing, carried out when the tank is being loaded: the displaced vapour may or may not be treated in a traditional vapour treatment plant.

Appreciable VOC-emissions only occur if the vapour is not treated.

In order to calculate the magnitude of annual VOC-emissions, we used a large database held by the Transport Research Centre (AVV) of all voyages made by inland tank barges in 2002. We then calculated, for each of the substances UN1203, UN1230, UN1114, UN1268, UN3295, UN1993 and UN2398, the number of voyages made, the total number of Mtons unloaded, how frequently the new cargo had the same UN number as the previous cargo (dedicated operation), how frequently it was compatible and how frequently non-compatible, and how frequently unloading was followed by a degassed voyage. The percentage where degassing was carried out can then be calculated. The analysis was further refined by distinguishing between voyages within the Netherlands, from the Netherlands, through the Netherlands and to the Netherlands.

The VOC-emissions were calculated by multiplying, for each UN code, the degassing percentage by the total quantity of vapour remaining after the unloading of the cargo from the tanks. The vapour volumes were in turn calculated from the quantity unloaded, a number of physical quantities – density, vapour pressure, degree of saturation, mean temperature – and the mean residue of liquid remaining in a ship's tank after unloading. The assumptions on which the calculations were based, variations therein and the uncertainties concerning certain emissions are summarised in chapter 4.

Tabel 2 shows the VOC-emissions calculated in this study. It is assumed that the emissions are released close to the point of unloading. Emissions following transport to or within the Netherlands are therefore treated as emissions 'in the Netherlands' and emissions after transport through or from the Netherlands as emissions 'in Germany+ (transit through NL)'. Germany+ means Germany and the countries beyond; most of the emissions in this category occur in Germany, most of the rest occurring in Switzerland.



Tabel 2 VOC-emissions as calculated (based on transport data for 2002)

	Emission factor	Mean % degassed	Total unloaded.	VOC emissions		
				In NL	In Germany+	In Germany+
			All vessels in, through, into or out of NL		Transit through NL	No transit through NL
	ktons/Mtons	%	Mtons	ktons	ktons	ktons
UN1203	0.93	23	7.17	0.70	0.50 <sup>1</sup>	0.62 <sup>2</sup>
UN1268	0.20	60	3.74	0.15	0.29	0.17
UN3295	0.38	93	2.45	0.49	0.38	No data
UN1114	0.22	70	1.27	0.08	0.11	No data
UN1230	0.16	88	1.27	0.02	0.16	No data
UN1993	0.24	96	0.77	0.11	0.07	No data
UN2398	0.65	97	0.66	0.26	0.16	No data
TOTAL				<b>1.81</b>	<b>1.67</b>	

The table shows that VOC-emissions in the Netherlands resulting from the transport of UN1203 are about 0.7 ktons per year, and from all substances considered, about 1.8 ktons. This is at most 0.65% of the total VOC-emissions in the Netherlands, i.e. considerably less than estimates made in earlier studies. A degree of uncertainty attaches to the results, however, although the uncertainty for UN1203 is not great. The uncertainty is greatest for UN3295, because this category includes a whole range of different substances.

#### Possible approaches

Degassing is not always necessary. Ships may load a cargo of the same type as was previously unloaded (dedicated operation), or a compatible cargo. The vapours can then be treated in a vapour treatment plant (VTP) if available. Present vapour treatment plant cannot be used for the degassing of a vessel which is not being loaded, i.e. for controlled degassing. This is because of the difference in the concentration of the substance concerned in the gases: this concentration of the vapour emitted during loading operations is many times higher than in the case of controlled degassing. In the latter case the vapour is mixed with greater quantities of air.

In order to prevent the vapour being released, new measures will have to be taken. There are five options:

- to make compatible loads and dedicated vessels mandatory, thereby avoiding the need for degassing;
- to construct a VTP, similar to that at the Rijnmond Industrial Waste Treatment Company (AVR), where vessels can have their tanks degassed;
- to have dual-fuel engines on board the vessel, in which gases from the tank can also be burned;

<sup>2</sup> Degassing percentage for UN1203 in Germany is 14% instead of 23% because the ban on degassing also applies to compatible cargoes in Germany.

- absorption of the gases on board the vessel;
- ‘flushing’ the ship’s tank with water or nitrogen, with vapour recovery.

For the purpose of this study we regard the first two options as the most appropriate, although the third option may be of interest subject to safety being demonstrated in a detailed safety study. At the moment however, this option falls outside the scope of this study, since it is at present prohibited by the ADNR (Regulation on the transportation of dangerous goods on the River Rhine).

### **Dedicated vessels, compatible cargoes**

Requiring dedicated vessels or inter-cargo compatibility will have the effect of increasing the distances travelled by vessels. This study calculated a total increase in kilometres travelled of up to 7% for the transport of UN1203. This will result in extra costs under the following headings:

- 1 Additional kilometres navigated, since non-compatible cargoes will no longer be possible, and vessels will make more journeys unloaded. The additional costs can be subdivided into additional labour, fuel and maintenance costs.
- 2 A loss of logistic efficiency, since the most efficient cargo can no longer be loaded, so that vessels will make fewer journeys per year, resulting in a lower return per vessel.
- 3 Extra waiting times for existing VTPs since they will be used more intensively.

These extra costs will lie in the range € 0.25 to 1.25 million per year, depending on precisely how costs are assigned (factor 2) and the scope of the prohibition (factor 2.5, depending on whether based on unloading in the Netherlands only or all loads). The cost per kg of VOC-emission avoided works out at € 0.80 to € 1.70 for UN1203. This is low compared with measures examined by industry in order to meet the NEC directives. We therefore conclude that making dedicated vessels/compatible cargoes obligatory is a cost-effective strategy for reducing VOC-emissions from the transportation of UN1203.

If the proposed ban on degassing is extended to other substances the costs will be higher. The total costs of restrictions requiring dedicated vessels and compatible cargoes and a ban on degassing will be approximately € 3.5 million per year, equivalent to approximately € 1.70 to € 3.20 per kg VOC-emission prevented. We therefore conclude that the cost of abating VOC-emissions for other substances by means of a dedicated vessels/compatible cargoes approach is relatively modest, except for two categories: UN1230 and UN1993. For these two substances the costs would be very high compared with general VOC-reduction measures. This being the case, it is recommended that these substances be excluded in the event of a widening of the ban.

There will also be an environmental cost associated with dedicated vessels/compatible cargoes, in the form of increased CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions. The environmental damage is valued at about € 1.5 million per year, for the seven relevant substances together. For the transport of UN1203 the environmental cost is estimated to be over € 0.2 million.

### **Deployment of degassing VTPs**

If the ban is implemented by installing degassing VTPs, we have to estimate how many need to be built in the Netherlands and where, to enable effective compliance with the ban on unrestricted degassing.





Six variants were examined in this study. The first conclusion is that the number of vessels carrying UN1203 in the Netherlands is too small to render a degassing VTP viable. The total costs are 3 to 10 times higher than the dedicated vessels/compatible cargoes approach.

If the ban were extended to other substances, the costs associated with installing a VTP at the best possible location (port of Rotterdam) are still double those of implementing the ban by making dedicated vessels/compatible cargoes obligatory. Furthermore, these VTPs would not be capable of dealing with all the traffic in the Netherlands.

A degassing VTP is only economically viable if it is used by ships for more than 50% of the time. With occupancy rates at this level, however, waiting times will rise sharply, since there will always be a chance that another vessel has just arrived at the degassing facility. Since a full degassing typically lasts at least 4.5 to 6 hours, the wait will be expensive for the operator of the vessel.

Analysis shows, however, that a VTP with a gas engine is more environmentally friendly than the dedicated vessels/compatible cargoes approach. If the monetary value of all the environmental effects are brought into the equation, the cost of installing a number of degassing VTPs with gas engines in Rotterdam does not differ greatly from the cost of requiring dedicated vessels/compatible cargoes. It should be borne in mind, however, that even if a degassing plant is installed, the number of dedicated vessels is likely to rise, further eroding the cost-effectiveness achieved by this option in practice.

### **Conclusions and recommendations**

- 1 The total emissions of VOCs due to the degassing of barges have been accurately quantified for the first time, and are much lower than suggested by previous studies, being about 1.8 ktons per year for the transport of the main sources of VOC-emissions.
- 2 A study of cost and feasibility suggests that the best way of putting a ban on the degassing of cargoes of UN1203 into practice is by means of dedicated vessels/compatible cargoes. If vessel operators do not wish to adopt this approach for any reason, they can have vessels degassed at the AVR.
- 3 It would also appear to be cost-effective to extend the ban on degassing to UN1114 (benzene), UN1268 (other petroleum derivatives) and UN2398 (MTBE). It is in fact a cost-effective strategy to reduce VOC-emissions from the transport of these products, since the cost is lower than the mean unit cost of reducing emissions of VOC by industry. Because there is considerable uncertainty about the magnitude of the emissions of UN3295, additional research should ideally be carried out before extending a ban to this category. On the basis of this study we suspect that VOC-emissions from UN3295 could be cost-effectively reduced by means of dedicated vessels/compatible cargoes.
- 4 Even if the ban were extended to other product categories, a VTP would still be more costly in all cases than making dedicated vessels/compatible cargoes obligatory. The main reason for this is that although the capital costs per degassed ship would fall as the number of ships requiring degassing rose, this would be more than offset by the increased waiting time for vessels, as there would be a greater likelihood of the VTP installation being in use by another vessel. The dedicated vessels/compatible cargoes approach is therefore the most cost-effective way of reducing VOC-emissions. Furthermore, even if a VTP

degassing plant is introduced, some vessel operators will still opt for dedicated service / compatible cargoes.

- 5 Dedicated vessels/compatible cargoes will increase emissions of CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>. If the price of these environmental effects is also taken into account, the total costs of dedicated vessels/compatible cargoes would approach the cost of building a number of VTPs equipped with a gas engine. However, the costs of installing these VTPs might rise sharply if it turns out that vessel operators find the waiting time too long and opt instead for dedicated vessels/compatible cargoes.
- 6 Because the emissions data for UN3295 are very uncertain, additional research should ideally be carried out before deciding whether this category of substances should be brought within the scope of a ban.
- 7 Mandatory use of dedicated vessels/compatible cargoes or degassing at a VTP would have to be enforced using some kind of loading log or journal. In both cases a vessel operator has an incentive to degas his tank illegally: either to avoid extra travel distance (in the case of dedicated vessels/compatible cargoes) or to avoid waiting time and save time and money (in the case of a degassing VTP). This study did not consider possible measures which might prevent such abuses.
- 8 The risks of accidents will not increase proportionately for dedicated vessels/compatible cargoes if vessels sail more often with empty holds. Various studies indicate that the expected safety impact is uncertain. The number of journeys on Dutch inland waterways will increase by about 7%. This will increase the likelihood of a collision. The extent to which there will be a significant narrowing of safety margins was not examined in this study.

A degree of caution should be exercised in interpreting both the costs and the emissions presented in this study. There are many uncertainties involved. We estimate that the uncertainty attaching to emissions is around 27% for UN1203 and 55% for the other substances. We have not attempted to give an error margin for the costs, but a figure of 30-40% would be typical in a study like this. The uncertainties in the costs relate to the dynamic effects (how will the market respond to a ban on degassing), and particularly to the costs related to the waiting time. In this study the costs were estimated using simple queuing theory, but the costs could prove to be much higher if vessels have a preference for a particular time of day (for example the evening).

The actual costs will ultimately depend very much on how the inland shipping market responds to a ban on degassing: if dedicated vessels/compatible cargoes become more common, even though degassing at a VTP is possible, then the installation of a VTP will of course be substantially more expensive than calculated here.



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Ontgassen is het al dan niet actief verwijderen van (rest)dampen uit het ruim van een schip. Dat leidt tot emissies van VOS bij het vervoer van sommige aardolie-derivaten. Ontgassen kan in verschillende situaties nodig zijn, maar gebeurt vooral bij ladingwisselingen. Om nieuwe lading in het ruim van het schip te laden is het te prefereren dat de oude lading in zijn geheel verdwenen is. Door het schip te ontgassen wordt het ruim ontdaan van damp van de vorige lading.

Ontgassen vindt zowel bij zeeschepen als bij binnenvaartschepen plaats. Het Ministerie van V&W heeft aangekondigd het voornemen te hebben om per 1/1/2006 het vrij ontgassen van benzine door binnenvaartschepen (ook wel lichters genoemd) te verbieden. Met een voorgenomen verbod sluit Nederland aan bij de situatie in Duitsland, dat eveneens het voornemen tot een verbod op ontlichten per 1/1/2006 heeft, en bij de andere lidstaten van de Centrale Commissie van de Rijnscheepvaart (CCR) waar nu reeds een totaalverbod op het vrij ontgassen van benzine geldt. Door de aansluiting bij de aan Nederland grenzende landen kan 'ontgassingstoerisme' voorkomen worden waarbij internationaal varende binnenvaartschepen juist in Nederland hun ruim ontgassen omdat dat in andere landen verboden is.

Er zijn rond het voorgenomen verbod op ontlichten (vrij ontgassen) van lichters echter nog veel onzekerheden. Zo is niet precies bekend *hoeveel* VOS geëmitteerd worden als gevolg van ontgassen, *welke maatregelen* kunnen worden genomen om het vrij ontgassen tegen te gaan, *tegen welke kosten* de emissies als gevolg van ontgassen kunnen worden gereduceerd en *welk pakket van maatregelen* het meest effectief en het best uitvoerbaar is om de emissies als gevolg van ontgassen te voorkomen.

Daarnaast speelt de vraag of, in het licht van de zorg om het milieu, het voorgenomen verbod zou moeten worden uitgebreid naar het vervoer van andere VOS-houdende producten via de binnenvaart.

## 1.2 Aanleiding tot dit onderzoek en centrale vraagstelling

Onderzoeksbureau CE heeft voorafgaande aan dit onderzoek een korte voorstudie uitgevoerd voor de VNPI en de VOTOB waarin de contouren geschetst zijn rond het ontgassen van lichters. Naast het in kaart brengen van het juridische kader voor het aangekondigde verbod, is daarin ook gekeken naar de precieze definities van de relevante processen en termen en mogelijke oplossingsrichtingen om een voorgenomen verbod op ontgassen te implementeren.

De resultaten van deze voorstudie vormden aanleiding om over te gaan tot een hoofdstudie waarin het Ministerie van V&W, middels hun onderzoeksdienst AVV, ook wilden participeren. Daarbij stond de volgende vraag centraal:

*Hoeveel emissies van VOS ontstaan jaarlijks in Nederland door vrij ontgassen en wat is een effectieve (kosteneffectieve en uitvoerbare) manier om aan een wettelijke verplichting die vrij ontgassen verbiedt, te voldoen.*

Gegeven de tweeledige onderzoeksvraag, valt de hoofdstudie logischerwijs in twee fases uiteen:

- 1 *Emissiebepaling*: hoeveel kiloton VOS wordt geëmitteerd als gevolg van ontgassing van lichters?
- 2 *Effectiviteit*: wat is een goede manier om aan het voorgenomen verbod te voldoen, kijkend naar de kosten en uitvoerbaarheid van mogelijke maatregelen?

Dit rapport behandelt onze analyse van deze twee fasen. Hoofdstuk 2 tot en met 4 gaan in op het eerste deel van de onderzoeksvraag. Hoofdstuk 5 tot en met 7 behandelen het tweede deel van de vraag.

### 1.3 Uitvoering

In de voorstudie en de eerste fasen van dit onderzoek zijn diverse partijen geïnterviewd. Naarmate de contouren van de ontgassingsproblematiek steeds duidelijker zichtbaar werden, is de focus verschoven naar deskresearch. Daarbij hebben we dankbaar gebruikt gemaakt van data over de binnenvaart die op het AVV beschikbaar waren en van diverse rapporten over kosten van de binnenvaart. Het huidige eindrapport omvat uiteindelijke de samengestelde resultaten uit interviews, literatuurstudie en data-analyse. De nadruk ligt op kwantificering van emissies en kosten om emissies te reduceren. Op basis hiervan worden ook beleidsaanbevelingen gedaan.

#### ***Emissiebepaling***

De emissies zijn niet alleen voor benzine bepaald, maar voor een breder aanbod van mogelijke aardolie-derivaten waarbij emissies van VOS ontstaan bij ontgassen. Hoewel in eerste instantie een totaal ontgassingsverbod waarschijnlijk alleen voor benzine, UN1203, zal gelden, wordt in deze studie ook voor transport van UN1230 (methanol), UN1114 (benzeen), UN1268 (restcategorie aardolie-derivaten), UN3295 (koolwaterstoffen met mogelijk carcinogene componenten), UN1993 (brandbare vloeistof met mogelijk carcinogene componenten) en UN2398 (MTBE) een schatting gemaakt van de VOS-emissies als gevolg van vrij ontgassen. Verwacht wordt namelijk dat ontgassingsemissies van deze zeven stoffen minimaal 90% bedragen van de totale ontgassingsemissies van alle vluchtige organische stoffen.

De uitbreiding naar andere stoffen is vooral gedaan omdat het Ministerie van V& inzicht wilde krijgen in de omvang van deze andere emissies in verhouding tot de geschatte emissies voor benzine.

#### ***Kostenbepaling***

Bij de bepaling van de kosten van mogelijke maatregelen zijn we in eerste instantie uitgegaan van de kosten van een verbod op het ontgassen bij het vervoer van benzine. Enerzijds is dat ingegeven door de directe aanleiding, namelijk het verbod op ontgassen bij het vervoer van benzine. Anderzijds wordt zo aangesloten bij de praktijk in het buitenland. Vervolgens wordt gekeken wat er met de kosten zou gebeuren als ook andere stoffen onder het voorgestelde ontgassingsverbod komen te vallen.

Daarnaast wordt in deze studie ook aandacht besteed aan de *haalbaarheid* en *uitvoerbaarheid* van maatregelen om VOS-emissies in de binnenvaart te reduceren. Daarbij wordt ook gekeken naar de *neveneffecten* die zouden optreden indien een maatregel zou worden genomen waarmee het verbod op vrij ontgassen kan worden ingevuld.



## 1.4 Leeswijzer en relatie tot eerdere rapporten

De opbouw van dit rapport is als volgt. Allereerst wordt in hoofdstuk 2 de achtergrond gegeven van het ontgassen, worden definities uitgelegd en situaties geschetst waarin ontgassen noodzakelijk of gewenst is. Daarna wordt in hoofdstuk 3 de markt voor het binnenvaarttransport voor benzine gegeven en wordt bepaald hoeveel benzine en andere VOS-houdende producten er in Nederland gelost worden. Dit is van belang om enerzijds een inschatting te krijgen in de kosten en opbrengsten van de binnenvaart, en anderzijds om later te kunnen bepalen wat de emissies precies zijn van het lossen van de hier gekozen stofnummers. In hoofdstuk 4 worden vervolgens de emissies bepaald als gevolg van ontgassen van UN1203, UN1230, UN1114, UN1268, UN3295, UN1993 en UN2398. Ook wordt er gekeken naar de onzekerheden rond de emissiebepaling.

In het vervolg van het rapport wordt dan een begin gemaakt met het zoeken naar effectieve oplossingsrichtingen die bij een verbod op ontgassen een rol kunnen spelen. Hoofdstuk 5 bevat een bespreking van mogelijke oplossingsrichtingen en wordt de keuze in dit rapport voor twee van deze oplossingsrichtingen (dedicatie/compatibiliteitsvaart en de bouw van DVI's aan de wal) beargumenteerd. In hoofdstuk 6 worden dan de kosten bepaald van verplichte dedicatie en compatibiliteitsvaart, zo nauwkeurig mogelijk voor UN1203 en meer oppervlakkig voor de andere stofnummers. Op basis van deze analyse volgt tevens een aanbeveling bij welke andere stoffen ontgassingsemissies ook effectief met dedicatie en compatibiliteitsvaart kunnen worden voorkomen. Vervolgens wordt in hoofdstuk 7 gekeken naar de mogelijkheden voor het plaatsen van een ontgassingsinstallatie (DVI) aan de wal. Omdat de locatiekeuze hierbij een belangrijk criterium is worden er een aantal situaties geschetst met steeds een andere dimensionering van het aantal installaties.

De conclusies van dit rapport volgen in hoofdstuk 8 en zijn integraal opgenomen in de samenvatting.

Om dit lijvige rapport toch leesbaar te houden is relatief veel informatie in de bijlagen verdwenen. Er zijn zes bijlagen over een aantal meer technische issues. Dit rapport bevat veel kruisverwijzingen naar tabellen en teksten van eerdere hoofdstukken. Daarom valt er niet echt een leeswijzer te geven.

Er zijn rond ontgassen reeds twee eerdere rapporten verschenen van CE. Allereerst de voorstudie en daarnaast de studie rond emissiebepaling. Met dit eindrapport vervallen de eerdere studies.

De getallen die in deze studie zijn gehanteerd wijken ook af van de eerdere studies. In vergelijking met de studie rond emissiebepaling zijn hier een aantal kleine wijzigingen doorgevoerd om tot definitieve getallen te komen van de emissieschattingen.



## 2 De praktijk van ontgassen

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden definities gegeven en wordt ingegaan op de situaties waarin ontgassen een rol speelt. Daarnaast wordt de beleidsmatige achtergrond geschetst.

### 2.2 Definities en situatieschets

#### 2.2.1 Definitie van ontgassen

Ontgassen is het al dan niet actief afvoeren van damp van vluchtige organische stoffen (VOS) uit de ladingtank. Dit vindt plaats als de lading is gelost. Na lossing van de lading van VOS-houdende producten is het ruim nog verzadigd met damp (niet-vloeibare restlading). Tevens zijn er vaak nog wat ladingrestanten aanwezig. Deze moeten worden verwijderd voordat er nieuwe niet-compatibele lading kan worden ingeladen in de tanks.

Er zijn twee vormen van ontgassen te onderscheiden:

- gecontroleerd ontgassen, waarbij de restlading- of ladingrestantdampen in een ontgassing-dampverwerkinginstallatie wordt verwerkt<sup>3</sup>;
- vrij ontgassen, waarbij de restlading- of ladingrestantdampen naar de buitenlucht wordt geventileerd.

Ter onderscheid wordt de tweede vorm van ontgassen, onder andere in juridische documenten, ook wel 'ontluchten' genoemd. Het aangekondigde verbod betreft deze vorm van ontgassen. In dit rapport zal verder gesproken worden over 'vrij ontgassen', of 'ontluchten' (ondanks grammaticale onjuistheid), ter onderscheid van algemeen 'ontgassen'<sup>4</sup>. De eerste categorie valt dan in de terminologie van dit rapport onder 'maatregelen om het ontgassen tegen te gaan', of soms kortweg 'gecontroleerd ontgassen' of 'geforceerd ontgassen'.

#### 2.2.2 Situaties waarbij ontgassen voorkomt

De problematiek rond ontgassen speelt vooral als de lading is gelost. Bij het lossen zijn drie stadia te onderscheiden (zie Figuur 1):

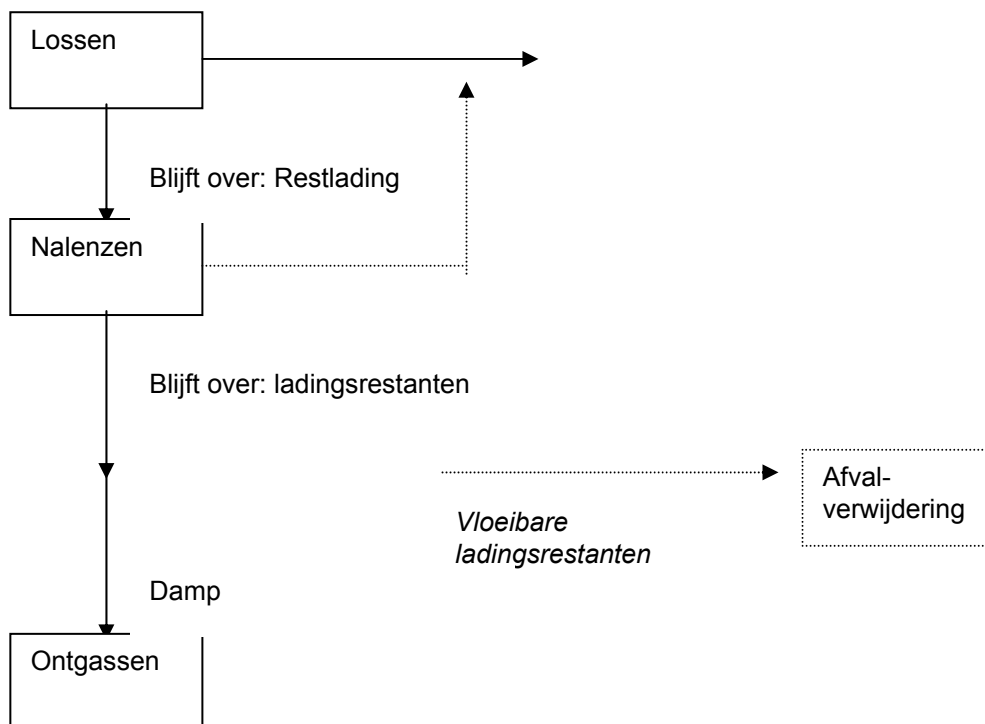
- het schip wordt gelost: de lading wordt overgebracht van de ladingtank op het schip naar de wal;
- het restant lading dat achterblijft in het schip na het lossen, heet *restlading*. Dit achtergebleven vloeibare product wordt met behulp van nalenzen (=efficiënt strippen) uit de ladingtank gehaald (waarvoor verschillende nalenssystemen beschikbaar zijn). Dit is geen afval, het wordt toegevoegd aan de lading;
- als de dan achterblijvende vloeibare *ladingrestanten* worden verwijderd, is sprake van afvalverwijdering.

<sup>3</sup> Dit heet ook wel dampspoelen, een term die we hier niet verder zullen gebruiken.

<sup>4</sup> In navolging van de EU richtlijn 94/63/EG.

De damp waarvan sprake is bij ontgassen is de niet-vloeibare restlading en de ladingrestanten. Deze wordt al dan niet actief uit het ruim van het schip gehaald totdat de dampconcentratie onder de 10% LEL (Lower Explosion Limit) is gekomen. De 10% LEL norm wordt door de ADNR gehanteerd om aan te geven dat een schip ontgast is. Het naar de lucht ventileren van ladingdamprestanten onder de 10% LEL wordt niet gezien als ontgassen<sup>5</sup>.

Figuur 1 Schematische weergave van processtappen tussen lossen en ontgassen



Overigens kan ontgassen nog om een drietal andere redenen nodig zijn, die echter veel minder vaak voorkomen dan de situatie tussen lossen en herladen:

- als het schip ontgast moet worden in verband met onderhoud (werf);
- als tijdens het varen overdruk ontstaat in de ladingtank;
- in bijzondere gevallen, zoals bijvoorbeeld ongevallen.

De laatste twee redenen worden in deze studie buiten beschouwing gelaten omdat ze nauwelijks voorkomen in de praktijk. Werfbezoek is in deze studie impliciet meegenomen bij het bepalen van de emissies<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> De 10% LEL norm is hetgeen het Ministerie van V&W bij het aangekondigde verbod in het 'Beleidskader' voor ogen heeft: Een tank is ontgast als (1) de geloste tank is nagelensd én (2) gedurende 30 minuten de VOS-concentratie in de aanvoerleiding naar de Ontgassings-DVI (of equivalent) onder de 10% van de onderste explosiegrens (LEL) ligt. Dit is ook conform de huidige regelgeving in het ADNR.

<sup>6</sup> Bij ontgassen voor reparaties of onderhoud geldt overigens 0% LEL (gasvrij) als ontgast, aangezien mensen het ruim zullen moeten betreden. De minieme hoeveelheid extra gassen die vrijkomen bij het verlagen van de LEL van 10 tot 0% zullen in deze studie niet worden meegenomen.



### 2.2.3 Stoffen waarbij ontgassen nodig is

Het voorgenomen verbod op vrij ontgassen omvat alleen benzine. Benzine wordt op dit moment gedefinieerd als een aardoliederivaat, met of zonder additieven, met een volgens de Reidmethode bepaalde dampdruk van 27,6 kilopascal of meer, dat voor gebruik als brandstof voor motorvoertuigen is bestemd, met uitzondering van vloeibaar petroleumgas. Deze definitie zal worden vervangen door UN1203. In deze rapportage zijn 'benzine' en 'UN1203' equivalent.

Benzine is echter niet het enige aardoliederivaat waarbij VOS-emissies vrijkomen als gevolg van vrij ontgassen. Hoewel in eerste instantie een totaal ontluchtungsverbod alleen voor UN1203 zal gelden, wordt in deze studie ook voor transport van UN1230 (methanol), UN1114 (benzeen), UN1268 (restcategorie aardoliederivaten), UN3295 (koolwaterstoffen met mogelijk carcinogene componenten), UN1993 (brandbare vloeistof met mogelijk carcinogene componenten) en UN2398 (MTBE) een schatting gemaakt van de VOS-emissies als gevolg van vrij ontgassen<sup>7</sup>.

Het totaal transportgewicht van deze zeven stoffen bedraagt ongeveer 30% van het totaal aan binnenvaarttanktransporten in Nederland. Daarnaast is gasolie (UN1202) goed voor 40% van het transportgewicht. Hiervan is echter de vluchtigheid zo laag dat deze transporten weinig bijdragen aan de totale VOS-uitstoot. De resterende 30% van het transportgewicht bestaat voornamelijk uit niet-vluchtige stoffen. De ontluchtingsemisies van de beschouwde zeven stoffen bedragen minimaal 90% van de totale ontluchtingsemisies van alle vluchtige organische stoffen.

### 2.2.4 Situaties waarbij ontgassen niet nodig is

Hierboven is uitgelegd dat ontgassen plaatsvindt nadat de lading is gelost. Er zijn echter situaties waarbij ontgassen niet nodig is. Bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart hoeft in principe niet te worden ontgast. Als de vervolglading dezelfde is als de originele lading, is er sprake van dedicatievaart. Als de vervolglading compatibel is met de originele lading is (dat wil zeggen dat de ladingen op elkaar geladen kunnen worden zonder risico op bijv. vervuiling), is er sprake van compatibiliteitsvaart. In beide situaties is het niet nodig om te ontgassen doordat de damp en ladingrestanten zich vermengen met de nieuwe lading die immers dezelfde is, of compatibel daarmee.

Belangrijk hierbij is ook de zelfverplichting die de industrie<sup>8</sup> is aangegaan. De zelfverplichting bestaat onder andere uit de toezegging om bij compatibele nalading niet te ontluchten. Daarom is de zogeheten compatibiliteitslijst opgesteld (Tabel 3). Buiten de zelfverplichting bestaan ook nog andere paren van in principe compatibele stoffen (zoals UN1114 en UN3295 of UN1268 en UN1202) maar hier wordt in dit onderzoek geen onderscheid naar gemaakt. Alleen de compatibiliteitslijst wordt gevolgd.

<sup>7</sup> UN1268, UN3295 en UN1993 worden in deze rapportage steeds twee waardes gegeven. Deze nummers bestaan uit een grote verscheidenheid van stoffen, met zeer uiteenlopende chemische gegevens.

<sup>8</sup> CEFIC, FETSA, IAR, UINF, EUROPIA.

Tabel 3 Compatibele vervolgladingen, voor de stoffen in deze studie, volgens de zelfverplichting<sup>9</sup>

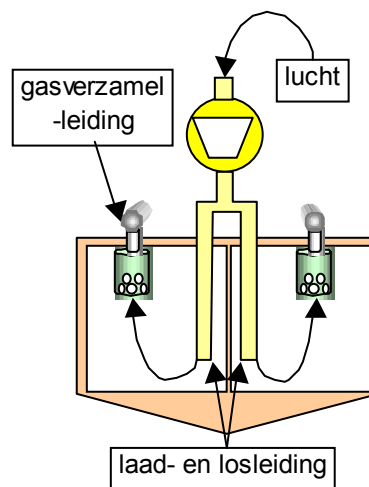
	Lading	Vervolglading
x	UN1203	UN1202
x	UN1203	UN1268
	UN1202	UN1203
x	UN1268	UN1203
	UN1223	UN1203
	UN1294	UN1203
	UN1307	UN1203
	UN1863	UN1203

## 2.3 Huidige praktijk rond ontgassen

### 2.3.1 Vrij ontgassen

Ontgassen vindt in de praktijk tot nu toe plaats door na lossen middels de op het schip aanwezige ventilatoren via de los- en laadbuis lucht in het ruim te blazen. Het geproduceerde damp-lucht mengsel laat men via de gasverzamelbuizen en overdrukventielen naar de buitenlucht ontsnappen.

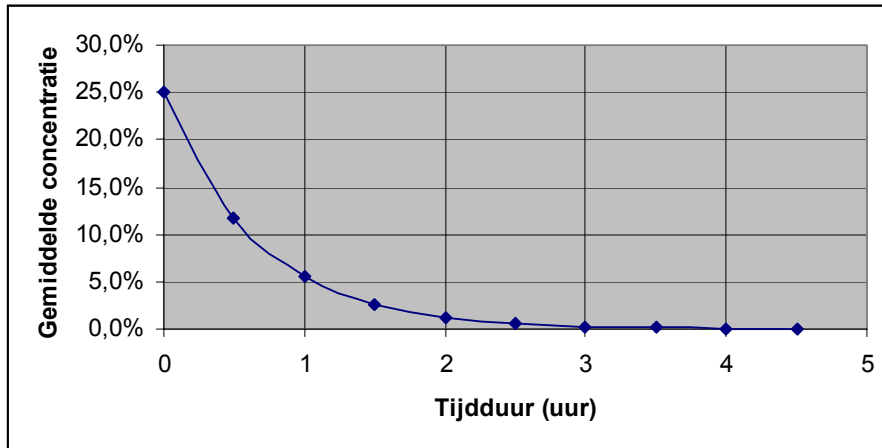
Figuur 2 Huidig gangbare wijze van ontgassen



Ontgassen gebeurt in de regel tijdens het varen naar de locatie waar de volgende – niet compatibele – lading zal worden ingenomen. Het varen is noodzakelijk om de vrijkomende VOS goed te kunnen laten verwaaien. Bij deze manier van ontgassen moet de atmosfeer in het ruim vanwege de sterke menging met de lucht 3 – 6 maal worden ververs voordat de concentratie overal beneden de 10% LEL ligt. De atmosfeer in het ruim wordt daarbij ieder uur 0,5 tot 2 keer ververs. De concentratie in het ruim neemt exponentieel af (zie Figuur 3).

<sup>9</sup> Omdat in deze studie naar de losgewichten wordt gekeken en slechts naar een deel van de stoffen van de zelfverplichting zijn alleen de met x gemerkte combinaties relevant voor deze studie.

Figuur 3 Voorbeeld van concentratieverloop als functie van tijdsduur bij gangbare manier van ontgassen



**BOX: Technische analyse ruim gasvrij maken**

De concentratie in het ruim neemt bij de gangbare wijze van ontgassen af volgens:

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

met:

- t = tijdsduur na start ontgassing (uur);
- C<sub>0</sub> = beginconcentratie (vol%);
- T = verversingsgraad of gemiddelde verblijftijd (uur);

De gemiddelde verblijftijd wordt theoretisch gegeven door de relatie:

$$T = \frac{V}{Q}$$

met:

- V = volume laadruim (m<sup>3</sup>);
- Q = debiet ontgassingslucht (m<sup>3</sup>/uur)

In de praktijk is T echter vaak kleiner dan verwacht en duurt het langer om de VOS-concentratie beneden 10%LEL te brengen dan op basis van ventilatordebiet en volume van laadruim zou worden verwacht. T Kan tot de helft kleiner zijn dan theoretisch verwacht.

De discrepantie tussen theorie en praktijk hangt deels samen met de wrijving van de lucht in de leidingen en deels waarschijnlijk ook met niet goed mengen van de toegevoerde lucht met de damp in het laadruim. Het feit dat de samenstelling van de damp tijdens ontgassing in de tijd verandert wijst mogelijk ook in die richting. Vanwege de niet complete menging moet in de praktijk vaak veel meer lucht worden toegevoegd dan theoretisch nodig zou zijn. De verversingssnelheid is 1 tot 2 keer per uur en het aantal keren dat de atmosfeer in het ruim moet worden verversd voordat de concentratie op de vereiste 10% LEL ligt bedraagt 3 – 6 keer (zie [TNO],[BMVBW]).

### 2.3.2 Dedicatie / comptabiliteitsvaart

Op dit moment is ontluchten verboden als een lading benzine gevolgd wordt door een volgende lading benzine. Dat verbod geldt ook indien er een lege tussenreis zonder ladinggewicht na het lossen plaatsvindt, bijvoorbeeld om van de losterminal naar de laadterminal te varen.

Bij dedicatievaart kan als volgt worden omgegaan met de damp in de lading-tank:

- ‘gaspandelen’; tijdens het laden worden de dampen uit de tank in een opslagtank gedrukt en tijdens het lossen worden de dampen uit de opslagtank teruggevoerd naar de ladingtank. Dit is echter alleen toegestaan bij het laden en lossen van tankwagens bij benzinestations;
- verwerking in een dampverwerkingsinstallatie. Volgens de Regeling op-, overslag en distributie benzine milieubeheer is het verplicht tijdens het laden van lichters bij dedicatievaart van benzine een dampretoursysteem en een ‘dampverwerkingseenheid’ te gebruiken.

Hieruit blijkt dat bij dedicatievaart de dampen tijdens het **laden** via een dampretoursysteem worden afgevoerd naar een dampverwerkingsinstallatie (DVI)<sup>10</sup>.

Voor de verwerking van de damp bij het vullen van de tanks zijn momenteel dampverwerkingsinstallaties (DVI's) beschikbaar bij vrijwel alle laadpunten. Er zijn drie typen DVI's die elk een eigen verwerkingsroute hebben:

- VRUs (Vapour Recovery Units): deze winnen vloeistof terug uit de dampretourgassen, bijvoorbeeld met cryogene of pressure-swing systemen;
- VPS (Vapour Processing System): deze wint energie terug uit de damp door deze in te zetten in een verbrandingsmotor. Hierbij wordt zowel elektriciteit als warmte opgewekt, die naar behoefte kunnen worden ingezet;
- verbranding van de damp middels fakkels.

Als de vervolglading geen benzine is, maar een met UN1203 compatibele stof (UN1202 of UN1268; zie Tabel 3), wordt volgens de zelfverplichting<sup>11</sup> zoveel mogelijk ook gebruikt gemaakt van een dampretoursysteem en DVI tijdens het laden. In Duitsland is dit het wettelijke voorschrift.

Als de vervolglading een niet-compatibele stof is, moeten de achterblijvende dampen van benzine op één of andere manier uit de ladingtanks worden verwijderd. Op dit moment gebeurt dit door middel van ontluchten.

Voor andere UN nummers is de situatie anders. Ten eerste hebben niet al deze stoffen een officiële ‘compatibiliteitslijst’ (Tabel 3) en bovendien is het alleen bij dedicatievaart van UN1203 verboden te ontluchten. Voor andere stoffen geldt dat ontgassen *altijd mag*, maar het *hoeft* niet in het geval van dedicatievaart of een compatibele vervolglading. Bij dedicatievaart van bijvoorbeeld UN1268 kan het dus zijn dat in voorkomende gevallen ontlucht wordt.

<sup>10</sup> Dampretour betreft het afvoeren van het schip naar de wal van damp die tijdens het vullen van de ladingtanks vrijkomt.

<sup>11</sup> Verklaring ter beperking uitstoot VOS, door CEFIC, FETSA, IAR, UINF, EUROPIA (zie 2.3).



### 2.3.3 Ontgassen bij de AVR

Dampretour en dampverwerking zullen per 1/1/2005 verplicht zijn bij het laden van benzine op benzine. Aan de wal is dan ook op vrijwel alle laadplaat- sen een dampverwerkingsinstallatie aanwezig<sup>12</sup>.

De huidige dampverwerkingsinstallaties zijn echter niet geschikt voor het ontgassen van een schip dat niet geladen wordt, dat wil zeggen, als er sprake is van gecontroleerd ontgassen. Dit is vanwege het verschil in concentra- tie 'lading' in de damp: in het geval van dampretour bij het laden is deze concentratie vele malen hoger dan bij gecontroleerd ontgassen. In dit laatste geval is de damp immers vermengd met meer lucht<sup>13</sup>.

Bij verplicht ontgassen is het mogelijk om ook op andere manieren te ont- gassen dan de tot nu toe gangbare manier van lucht inblazen via de laad- en los buis. Alternatieven zijn<sup>14</sup>:

- het *verdringen* van de damp door lucht via de gasverzamelbuizen in het ruim te blazen en de door de lucht verdrongen damp via de laad- en los buis te verzamelen en af te voeren;
- het *evacueren* van het ruim door de damp via de laad- en los buis af te zuigen en daarbij via de onderdruk ventielen en gasverzamelbuizen lucht in het ruim toe te laten.

Op dit moment staat er in Nederland, voor zover wij weten, slechts een in- stallatie waarmee kan worden ontgast, ook als er geen lading wordt ingela- den. Aan de Oude Maas (havens 4017) staat bij de AVR een 'incinerator' die wordt gebruikt voor het ontgassen van lichters. Er zijn eigenlijk drie gevallen te onderscheiden waarbij dit nodig is<sup>15</sup>:

- het schip moet gewassen worden en de dampen mogen niet de lucht in;
- het schip moet geïnertiseerd worden en de dampen die vrij komen bij het vullen met stikstof mogen niet de lucht in;
- het schip wil (om andere reden) ontgast worden.

De capaciteit van de installatie is 1.200-1.500 m<sup>3</sup>/hr en er kan (mag) op dit moment maar één schip tegelijk aanliggen. Er komen gemiddeld 5 tot 6 schepen per week langs.

Indien de incinerator wordt gebruikt gaat het om gewone (separate) ver- branding, de warmte wordt nergens voor gebruikt. Het zou aanpassingen vergen om dit wel te kunnen doen, maar is in principe mogelijk. De enige gassen die sowieso *niet* verbrand worden zijn halogenen, ammonia en enke- le andere stikstofhoudende gassen.

Enkele voorbeelden van het gebruik van de AVR zijn:

- benzine: gebruik incinerator 'aanbevolen'. Dit betekent in praktijk dat het *niet* gebeurt tenzij de schipper er om vraagt;
- benzeen: incinerator wel gebruikt;
- methanol: incinerator niet gebruikt.

<sup>12</sup> Uit een evaluatie van KWS 2000 door Infomil blijkt dat bij vrijwel alle bedrijven aan de wal een DVI aanwezig is.

<sup>13</sup> Daarnaast zijn de dampverwerkingsinstallaties veelal uitsluitend geschikt voor bepaalde stoffen, meestal zijn dit benzine en nafta.

<sup>14</sup> De technieken waarmee geforceerd kan worden ontgast, worden in hoofdstuk 7 besproken.

<sup>15</sup> Telefonische informatie van Michel Ras, AVR.

De kosten zijn onafhankelijk van soort stof. Voor zeeschepen wordt 340 €/uur gerekend en dit zijn volgens de AVR de 'werkelijke' kosten. Voor binnenvaartschepen wordt voorsnog 150 €/uur gerekend omdat 'ze niet meer kunnen betalen volgens eigen zeggen' en deze schepen vaak ook nog iets anders komen doen bij de AVR (schoonmaken), dus het is een soort klantentrekker.

#### 2.3.4 Werfbezoek

Voordat een schip naar de werf kan, moet het ruim volledig gasvrij gemaakt worden (de eindconcentratie is dan minder dan 0,1% LEL). Voor gepland onderhoud gaat het om ruwweg elk jaar<sup>16</sup>. Daarnaast wordt geschat dat onvoorziene reparaties gemiddeld eens per 10 jaar voorkomen. Er zijn verschillende oplossingen om het schip gasvrij te maken:

- ontgassen met een DVI tot 10% LEL en de laatste damp (de *ladingdamprestanten*) ontluchten;
- een dampretoursysteem gebruiken met water als wegdrukkende vloeistof, in plaats van benzine of andere lading. Door het stijgende wateroppervlak zou de achtergebleven damp uit het ruim worden gedruwd en te verwerken zijn met een gewone DVI. Het water wordt hierbij vervuild met de ladingrestanten. Dit brengt mogelijk hoge kosten met zich mee<sup>17</sup>.

De dampen die vrijkomen bij het ontgassen van 10% LEL naar geheel gasvrij, in het geval van werfbezoek, zullen overigens in principe niet onder het aangekondigde verbod vallen.

#### 2.3.5 Huidige praktijk: samenvatting

Er zijn drie manieren waarop damp uit de ladingtank wordt verwijderd:

- vrij ontgassen waarbij de damp (al dan niet tijdens het varen) via de ventilatoren uit het ruim wordt geblazen;
- dampretour: op het moment van laden waarbij de damp door het vullen uit de tanks wordt gedrukt;
- gecontroleerd ontgassen: de damp wordt vermengd met lucht uit de ladingtank wordt gehaald.

Alleen bij vrij ontgassen ontstaan emissies van VOS. Het gaat dan alleen om het ontgassen van een schip na lossing en voor belading of tijdens belading zonder dampretoursysteem. Dus niet om:

- beladingsemissies bij dedicatievaart van UN1203 (hierbij is immers het aansluiten van een dampretoursysteem en verwerking van de dampen in een DVI verplicht);
- emissies via de overdrukventielen (bijv. door temperatuurverschillen);
- de laatste 10% LEL indien schip geheel gasvrij gemaakt moet worden.

<sup>16</sup> Hierover verschillen de meningen; in de interviews is 2x per jaar zowel als één keer per 2,5 jaar (als uitersten) genoemd als frequentie.

<sup>17</sup> Het is niet duidelijk of dit in de praktijk ook mogelijk of haalbaar is.



## 2.4 Beleidsmatige achtergrond van het ontgassen

### *De Nederlandse situatie*

In Nederland is aan de Richtlijn 94/63/EG invulling gegeven met regelingen die onder VROM en V&W vallen. Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat speelt hierbij een rol omdat het internationale gezag over de binnenvaart berust bij de Centrale Commissie voor de Rijnvaart waarin het Ministerie van V&W de Nederlandse staat vertegenwoordigt.

In de Regeling benzinevervoer in mobiele tanks<sup>18</sup> is opgenomen dat wanneer dampterugwinning of voorlopige dampopslag onmogelijk is, ontluchting wordt toegestaan in alle vaarwateren. In de toelichting bij deze Regeling staat dat er bij de huidige stand der techniek geen mogelijkheden zijn voor dampterugwinning of voorlopige opslag bij niet-dedicatie varen.

Daarnaast heeft het Ministerie van VROM opgenomen in de Regeling op-, overslag en distributie<sup>19</sup> dat overslaginstallaties minimaal één laadportaal moeten omvatten waarmee ontgassen wordt voorkomen (artikel 4, lid 1,4). Echter, een laadportaal is gedefinieerd als een constructie waar benzine in een tankwagen kan worden geladen. Deze regeling heeft dus geen restrictieve invloed op benzinetransport per binnenvaart.

In het kader van de VOS problematiek zijn afspraken gemaakt tussen de EBU (European Barging Union), Europia, Cefic en Fetsa (Europese opslagbranche), die ook in de werkgroep 'ontgassen' van de CCR zitting hebben. De inhoud van deze overeenkomst komt kort neer op de zelfverplichting niet te 'ontgassen' voor afwisselende beladingen van benzine ('Ottokraftstof') en een aantal specifieke producten die vallen onder UN1202, 1203 en 1268, plus nog enkele producten. Met het oog op het beperken van vervuiling van vervolgladingen dienen schepen dan wel nagelensd (efficiënt strip) te worden.

De compatibiliteitslijst uit de zelfverplichting is overgenomen in de Duitse verordening 20.BImSchV. Deze zelfverplichting is sinds 1 april 2002 van kracht.

### 2.4.1 Situatie in Duitsland

In Duitsland is het op dit moment verboden om benzinedampen naar de lucht te emitteren, behalve via de overdrukventielen. Zowel gaspendelen als dampverwerking zijn toegestaan. Een uitzondering wordt gemaakt voor binnenvaartschepen, die na benzine een *niet-compatibele stof* laden, indien dampterugwinning niet mogelijk is en het ventileren nodig is. Ventileren is dan nog verboden in 'geschlossenerere Ortschaften', bij sluizen of in 'onderzoeksgebieden'<sup>20</sup> of als de ozonconcentratie al hoog is. Na 2005 wordt alles verboden, behalve ontgassen voor werfbezoek.

<sup>18</sup> Staatscourant 251, 15 december 1995; gewijzigd: Staatscourant 131, 7 juli 1999. Deze regeling valt onder de Wet gevaarlijke stoffen.

<sup>19</sup> Staatscourant 250, 15 december 1995; gewijzigd: Staatscourant 105, 1998. Valt onder Wet Milieubeheer.

<sup>20</sup> De onderzoeksgebieden zijn gebieden waar luchtverontreiniging continu gemonitord wordt en ze worden door de Länder gekozen vanwege vaak optredende vervuiling, hoge concentratie of mogelijke interactie tussen verontreinigende stoffen. Vaak zijn dit dichtbevolkte gebieden.

In Duitsland gaat men ervan uit dat het verbod volledig wordt uitgevoerd met dedicatie/compatibele vaart. Er zijn geen inrichtingen in Duitsland waar ontgast kan worden. Uit het PTB-rapport over ontgassen met een DVI (PTB, 2002) bleek dat het ontgassen zelf veel te lang duurt en totaal niet economisch haalbaar is. Niet alleen moet het schip geruime tijd aan de kade liggen maar het bezet ook laad/losplaats voor de volgende. Dat zou betekenen dat er veel meer steigers en DVI's moeten worden gebouwd dan economisch rendabel is. Daarbij moet overigens worden opgemerkt dat de PTB-studie uitging van een debiet van slechts 366 m<sup>3</sup>/h, hetgeen met de huidige stand der techniek ongekend laag is. Zoals in hoofdstuk 7 beredeneerd, moeten de huidige technieken tenminste een debiet van 1.000-2.000 m<sup>3</sup>/h aankunnen. Uit een UBA-studie (UBA -FB 200 44 321), uitgevoerd door Schäfer bij het Fraunhofer (IFU) bleek dat geen enkele huidige VRU (DVI) voldoet aan de eisen die voor het ontgassen van binnenschepen gesteld moeten worden. Verder: het is echter wel een 'technisch mogelijke oplossing'. Het probleem is ten eerste dat de doorzet capaciteit naar 2.200 m<sup>3</sup>/hr zou moeten (nu eerder in de orde van 400 m<sup>3</sup>/hr) maar ook dat er overal extra steigers én extra DVI's gebouwd zouden moeten worden.

Er is volgens experts dan ook geen partij die vrijwillig ontgassingsinstallaties zal gaan aanleggen. Mogelijk is er wel een rol voor publieke afvalverwerkers, omdat die bekender zijn met het aannemen van afvalstoffen<sup>21</sup>. Na 2006 is in Duitsland de enige uitzondering nog als het schip naar de werf moet.

#### 2.4.2 Situatie per 1/1/2006 in Nederland

Per 1/1/2006 is ook in Nederland het ontgassen van benzine in alle gevallen verboden. Op dit verbod zullen de volgende uitzonderingen gelden:

- ontgassen van benzine is toegestaan nadat de restladingsdampen gecontroleerd zijn afgevoerd en verwerkt en de resterende concentratie van benzinedamp in de tank lager is dan 10% LEL;
- het bevoegd gezag kan toestemming geven om te ontgassen in geval van bijvoorbeeld een calamiteit.

Momenteel overweegt het Ministerie van V&W om gebruik te maken van de door de benzinedistributierichtlijn gegeven bevoegdheid om een totaal verbod in te stellen op ontvluchten<sup>22</sup>. De reden is, dat daarmee aangesloten wordt op de situatie in Duitsland en 'ontgassingstoerisme' voorkomen kan worden<sup>23</sup>.

Onduidelijk is nog bij wie de verantwoordelijkheid komt te liggen voor de invulling van het voorgenomen verbod: zijn dat de vervoerders (binnenvaartschippers) of de verladers (raffinaderijen en op- en overslagbedrijven).

##### *Handhaving*

Een belangrijk onderdeel van enige regelgeving is de handhaving. Op dit moment wordt via het zogeheten 'ladingjournaal' of ladingboek aan boord gecontroleerd wat de ladings-, lossings- en ontgassingsgeschiedenis van een schip is. Het boek wordt uitgegeven door het IVR (Internationale Vere-

<sup>21</sup> Telefonische informatie van Herr Sasse van MWV, Duitsland.

<sup>22</sup> Staten hebben immers de bevoegdheid om *al dan niet* een verbod in te stellen bij niet-dedicated vaart.

<sup>23</sup> Onder ontgassingstoerisme verstaan we: het betreden van Nederlandse vaarwateren ten einde daar te ontgassen, waarna teruggekeerd wordt naar Duitsland voor herladen.





niging Rijnschepenregister) en het bijhouden ervan is onderdeel van de zelfverplichting. Een betrouwbaar ladingjournaal is namelijk noodzakelijk voor het dedicatie- en compatibiliteitsvaren, waarbij de verlader exact moet weten wat de voorlading was en hoe deze na het lossen is nabehandeld. Sommige verladers hebben echter slechte ervaringen met de betrouwbaarheid van deze journaals. Uit de interviews komt naar voren dat ladingontvangers het potentiële risico voor de kwaliteit van hun lading, dat voortkomt uit de mogelijk onbetrouwbare gegevens in het ladingboek, niet altijd willen nemen. Zodoende wordt in voorkomende gevallen voor de zekerheid toch ontgast, hoewel de lading en voorlading compatibel zouden kunnen zijn.



## 3 Transportgegevens

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we nader in op de transportgegevens over het vervoer van gevaarlijke stoffen. Allereerst wordt in 3.2 de binnenvaartmarkt geschetst en in de volgende paragrafen wordt ingegaan op de bepaling van de vervoersstromen van gevaarlijke stoffen, zoals die in het databestand van de AVV staan.

### 3.2 De binnenvaartmarkt en de positie van de benzinetankvaart daarin

De Nederlandse binnenvaart vervoert op jaarbasis ruim 330 miljoen ton goederen, waarvan tweederde internationale vaarten betreft. Ongeveer 23% van de vervoerde goederen valt onder de categorie 'gevaarlijke stoffen' en het betreft dan veelal chemische- en aardolieproducten. In 2001 ging het om 71 miljoen ton waarvan ongeveer 18 miljoen vervoerd werd uitsluitend binnen Nederland (laad- en lospunten in Nederland). Het grootste gedeelte van dit vervoer vindt plaats via de binnentankvaart. Gasolie (UN1202) vormde de grootste categorie maar is in verband met ontgassen niet relevant. Het vervoer van benzine is naar schatting goed voor ongeveer 10% van de totale markt van tankvaart. Andere minerale olieproducten (kerosine, stookolie, dieselolie, etc.) vormen ongeveer 20% van de markt en chemische producten (benzeen, methanol, xyleen, logen en uren) ongeveer 25%.

Uit gegevens van het CBS volgt de volgende tabel over het aantal werkzame personen in de binnenvaart en in de tankvaart in het bijzonder. De laatste kolom in Tabel 4 laat een schatting zien voor de benzinevaart, waarbij ervan uit is gegaan dat ongeveer 10% van de tankvaart voor rekening komt van benzinevervoer. Hieruit blijkt dat het vervoer van UN1203 aan ongeveer 200 personen werk verschaft.

Tabel 4 Belangrijkste sociaal-economische gegevens, 1999

	Binnenvaart	Tankvaart	<i>Benzinevaart</i>
Vervoerde goederen in miljoen ton (1999)	312	67	6,8
Vervoerde goederen (2001)	333	71	7,2*
Bedrijfsopbrengsten (mln euro)	1143	233	23,6
Bedrijven	3850	180	18
Werkzame personen	13500	2000	203
Bedrijfsresultaat	249,2	34,5	3,5
Resultaat per vervoerde ton vracht	0,80	0,51	0,51
Resultaat voor belastingen (mln euro)	209,2	26,8	2,7
Exploitatie kosten; Personeelskosten (in % van bedr.opbr.)	22%	31%	31%
Exploitatie kosten; Overige kosten (in % van bedr.opbr.)	57%	55%	55%

Noot: Cijfers, CBS, alle cursief gedrukte getallen betreffen eigen schattingen. \* gegevens voor 2002 en niet 2001.

Voor benzine, UN1203, zijn er in Nederland meer dan 50 inlaadpunten en meer dan 100 lospunten. Tabel 5 geeft een overzicht van de belangrijkste laad- en lospunten in Nederland<sup>24</sup>.

Tabel 5 Belangrijke laad- en losplaatsen voor benzine in Nederland (bron: AVV)

	Laden	Lossen
1	Rotterdam petroleumhaven 5	Amsterdam Riebeeckhaven
2	Vlissingen	Arnhem
3	Rotterdam petroleumhaven 2	Amsterdam Amerikahaven
4	Rotterdam petroleumhaven 3	Zwolle
5	Rotterdam petroleumhaven 6	Roermond
6	Amsterdam Amerikahaven	Hengelo
7	Amsterdam Australiehaven	Kampen
8	Amsterdam Riebeeckhaven	Wageningen
9	Europoort	Amsterdam Australiehaven
10	Geertruidenberg	Geertruidenberg

### 3.3 Bepaling van de transportgegevens

De AVV beschikt over gegevens van alle transport van gevaarlijke stoffen door binnenvaartschepen binnen, naar, van en door Nederland. Deze transportgegevens bestaan uit het aantal reizen dat het schip heeft gemaakt, de route die op elk van die reizen is afgelegd en het gewicht en stofnummer (UN nummer) van de lading die op elk van die reizen werd vervoerd.

Om de omvang van de jaarlijkse VOS-emissies (en van daaruit de mogelijke effecten van het nieuwe verbod) te bepalen worden deze gegevens geanalyseerd voor het jaar 2002. Voor dit jaar is voor elk van de stoffen UN1203, UN1230, UN1114, UN1268, UN3295, UN1993 en UN2398 bepaald hoeveel Mton in totaal is gelost, hoeveel daarvan werd gevolgd door lading met hetzelfde UN nummer (dedicatie), hoeveel door compatibele lading, hoeveel door niet-compatibele lading en hoeveel door een ontgaste reis<sup>25</sup>.

Deze gegevens zijn nodig om in het volgende hoofdstuk de VOS-emissies te kunnen berekenen. Hoewel deze emissies dan strikt genomen alleen voor 2002 gelden, wordt aangenomen dat ze model kunnen staan voor de jaarlijkse emissies. Dit wordt ook besproken in paragraaf 4.4.6.

Aangenomen wordt dat ontluchtingen – indien nodig en toegestaan – uit veiligheidsoverwegingen zo snel mogelijk na het lossen plaats vinden. Het volledig uit de tank ventileren van damp kan enkele uren duren, maar de meeste damp verlaat de tank gedurende het eerste uur. Bij het toerekenen van emissies aan landen wordt daarom aangenomen dat alle ontgassingsemis-sies vrij komen in het land waar de lading gelost wordt.

In dit onderzoek zullen de emissies bepaald worden van ontgassing van transport dat is gelost binnen Nederland en transport vanuit of via Nederland dat is gelost in het buitenland. Tevens wordt een schatting gemaakt van het binnenlands transport in Duitsland, voor de stoffen UN1268 en UN1203. De

<sup>24</sup> Omdat de gegevens van AVV niet voor alle transporten éénduidige plaatscodes bevatten (sommige schippers vullen 'Rotterdam' in, andere 'Rotterdam petroleumhaven 5') geeft de tabel alleen een indicatie van de 'absolute top 10'.

<sup>25</sup> Een ontgaste reis wordt gedefinieerd als een reis waarvoor in het bestand lading=0 en stofnummer 'UN 0' staat opgegeven.



som van deze drie categorieën komt grofweg overeen met de emissies in het Rijnstroomgebied als gevolg van ontluchting van UN1268 en UN1203.

### 3.4 De vervolglading bepaalt of er ontlucht wordt of niet

Bij het vaststellen van de transportcijfers is gekeken naar alle reizen van A naar B die gemaakt zijn met als lading de stof  $X^{26}$ , die op enig moment tijdens de reis in Nederland waren. Door de losgewichten op te tellen wordt zo het totaal gewicht  $X$  gevonden dat is gelost. Om hieruit te bepalen hoeveel gewicht  $X$  ontlucht is, moet echter ook gekeken worden naar de lading tijdens de reis die volgde op de reis waar het laadgewicht voor is bepaald (dus van B naar C). Dit is de vervolglading. Als  $X$  bijvoorbeeld UN1203 is en bij de vervolgreis ( $B \Rightarrow C$ ) ook UN1203 werd vervoerd dan wordt aangenomen dat niet is ontlucht. Bij dedicatievaart van UN1203 is dit immers verboden<sup>27</sup>. Als de vervolglading (van B naar C) een compatibele stof is (zie Tabel 3), dan hoeft er in principe niet ontgast te worden – dit gebeurt soms echter wel. Als de vervolglading een niet-compatibele stof is, dan moet er ontgast worden om ervoor te zorgen dat de vervolglading goed kan worden ingeladen en zich niet vermengt met de oude lading.

Zo is, voor elk UN nummer, voor de laadgewichten een onderverdeling gemaakt aan de hand van de vervolgreis. In Figuur 1 komen de verschillende opties aan bod. Het schip kan tijdens de vervolgreis ( $B \Rightarrow C$ ) al of niet lading aan boord hebben. Als er geen lading aan boord is, kan het toch zijn dat nog onder een stofnummer gevaren wordt, omdat er nog wel restdamp (boven 10% LEL) aanwezig is. Zo niet, dan is ook het stofnummer 0. In dat geval moet het schip dus vóór de vervolgreis ontgast zijn en wordt het gewicht van de lading van de huidige reis ( $A \Rightarrow B$ ) meegenomen in de berekening van de VOS-emissies ten gevolge van ontluchten. Als de directe vervolgreis ( $B \Rightarrow C$ ) geen lading heeft, maar wel een stofnummer, dan wordt gekeken naar de daaropvolgende reis ( $C \Rightarrow D$ ) om te bepalen of die dedicatie dan wel compatibel met de huidige reis ( $A \Rightarrow B$ ) is (zie Figuur 4).

Als de vervolgreis wél lading aan boord heeft, is er sprake van drie mogelijkheden:

- 1 Dedicatievaart (zelfde stofnummer).
- 2 Compatibele vaart (stofnummer uit compatibiliteitlijst).
- 3 Niet-compatibele vaart (overige nummers).

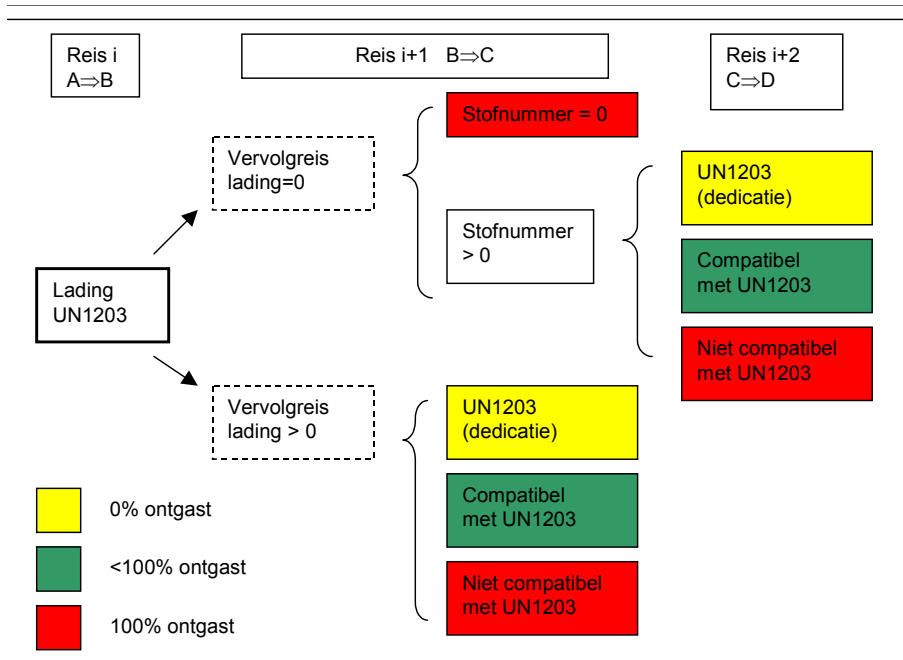
In deze laatste categorie vallen overigens ook de vervolgladingen met stofnummer 0. Stofnummer 0 betekent dat er een stof aan boord was, die geen UN classificatie heeft en zodoende niet compatibel is.

Werfbezoeken zijn niet apart getraceerd maar vallen vanzelf in één van de categorieën die voor 100% meetellen in de ontluchttingsberekeningen.

<sup>26</sup> A is het innamepunt, B het lospunt en zijn synoniem aan alle inlaadpunten en lospunten in Nederland en Duitsland. X is gelijk aan een stof die tot UN1203, UN1230, UN1114, UN1268, UN3295, UN1993 en UN2398 behoort.

<sup>27</sup> Er moet dan echter op de laadplaats wel een DVI aanwezig zijn; dit is op dit moment niet op alle plaatsen het geval. Vanaf 1/1/2005 is dit echter verplicht, zodat - vóórdat het nieuwe verbod gaat gelden - er daadwerkelijk niet ontlucht zal worden bij dedicatievaart. Er wordt daarom voor deze categorie verder 0% ontluchting aangenomen.

Figuur 4 Mogelijke vervolgreizen voor UN1203



### 3.5 Relevante ladinggewichten voor het ontluichten

Uit de gegevens van AVV zijn, volgens het schema in Figuur 4, voor elke stof het minimum en het maximum bepaald van het totaal ladinggewicht waarna ontluicht wordt.

Het minimum bestaat, voor alle stoffen, uit het ladinggewicht dat gevolgd wordt door niet-compatibele lading of stofnummer 0, al of niet na een lege, niet-ontgaste tussenreis. In Figuur 4 gaat het dan uitsluitend om de rode vakjes. Het minimum bestaat dus uit alle lading waarna ontluicht *moet* worden

Het maximum bestaat uit alle lading waarna ontluicht *mag* worden: de rode en de groene vakjes. In dit geval wordt ook bij alle reizen waarbij compatibele lading wordt vervoerd, ontgast.

Voor andere UN nummers kan Figuur 4 er iets anders uitzien, afhankelijk van de vraag of die UN-nummers compatibele stoffen kennen of niet. Voor andere stoffen bestaan geen compatibele stoffen; in dit geval is het ladinggewicht in de categorie 'compatibel' nul. Daarnaast zal voor sommige stoffen ook bij dedicatievaart (gedeeltelijk) ontluicht worden, als bijvoorbeeld de DVI al bezet is voor het laden van benzine of als de DVI helemaal niet geschikt is voor de betreffende stof.

Tabel 6 geeft een overzicht van de aannames bij de minimum en maximum-varianten voor alle in deze studie meegenomen stofnummers. In deze tabel geven de rode vakjes de relevante ladinggewichten weer als er ontgast moet worden (de minimumvariant) en de groene vakjes de relevante ladinggewichten wanneer er nu nog ontgast mag worden (de maximumvariant).

Tabel 6 Vervolgladingen waarna ontluicht wordt (niet-compatibel omvat ook stofnummer 0)

	Lading waarna in ieder geval ontluicht wordt	Lading waarna misschien wel ontluicht wordt	Lading waarna in principe niet ontluicht wordt	Lading waarna niet ontluicht wordt
UN1203	Niet-comp.		Compatibel	Dedicatie
UN1268	Niet-comp.		Compatibel & Dedicatie	
UN3295	Niet-comp.	Dedicatie		
UN1114	Niet-comp.	Dedicatie		
UN1230	Niet-comp.	Dedicatie		
UN1993	Niet-comp.	Dedicatie		
UN2398	Niet-comp.	Dedicatie		

Zoals uit deze tabel te zien valt, wordt er, naast de lading met niet-compatibele vervolglading, mogelijk nog een gedeelte van de lading ontluicht. Dit is voor verschillende stoffen een verschillend gedeelte, afhankelijk van welke wettelijke of vrijwillige verplichtingen er bestaan voor de stof en van technische mogelijkheden tot gecontroleerd ontgassen met bijvoorbeeld DVI's. Voor stoffen buiten de compatibiliteitlijst is het maximum losgewicht waarna ontluicht wordt gelijk aan het totaal gewicht. Hiervoor geldt immers noch een verbod op ontluichten bij dedicatievaart, noch een zelfverplichting om niet te ontluichten bij compatibele vervolglading. De vraag in hoeverre er bij deze ladingen inderdaad ontluicht wordt, komt in het volgende hoofdstuk aan bod.

Aan de hand van de minimum- en maximumvarianten uit Tabel 7 en de losgewichten in Bijlage A, zijn de minimale en maximale losgewichten waarna ontluicht wordt berekend. De resultaten staan in Tabel 7, voor drie type reizen, naast het totaal:

- 1 Reizen binnen Nederland.
- 2 Reizen naar Nederland vanuit het buitenland.
- 3 Reizen van Nederland naar het buitenland en reizen door Nederland met zowel begin- als eindpunt buiten Nederland.

De eerste twee categorieën worden volgens aanname in Nederland ontluicht, de laatste twee in het buitenland.

Tabel 7 Ladinggewichten waarna ontluicht wordt per reistype (bron: AVV)

	Totaal	Binnenlands	Naar NL	Vanuit / Door NL
	Minimum - Maximum	Minimum - Maximum	Minimum - Maximum	Minimum - Maximum
	Mton	Mton	Mton	Mton
UN1203	0,98-4,35	0,32-1,39	0,13-0,57	0,54-2,38
UN1268	1,88-3,74	0,19-0,38	0,46-0,92	1,23-2,44
UN3295	1,63-2,45	0,60-0,90	0,32-0,48	0,71-1,07
UN1114	0,89-1,27	0,13-0,19	0,25-0,35	0,51-0,73
UN1230	0,52-1,27	0,05-0,13	0,00-0,01	0,47-1,14
UN1993	0,61-0,77	0,34-0,43	0,04-0,05	0,23-0,29
UN2398	0,56-0,66	0,22-0,26	0,13-0,15	0,21-0,25

Deze relevante ladinggewichten waarbij ontgassen een rol speelt, worden in het volgende hoofdstuk gebruikt bij het bepalen van de VOS-emissies die ontstaan als gevolg van het ontgassen.





## 4 Emissies van VOS als gevolg van ontgassen

### 4.1 Inleiding

Inzicht in een effectieve manier om vrij ontgassen tegen te gaan, kan alleen verkregen worden als bekend is hoe groot de emissies van VOS zijn als gevolg van vrij ontgassen. Dit is het doel van dit hoofdstuk. Eerst zullen we in paragraaf 4.2 de algemene formule weergeven voor het bepalen van de emissies van ontgassen, daarna wordt in paragraaf 4.3 de waarden in die formule ingevuld aan de hand van standaardcases in de literatuur, en vervolgens zullen aan de hand van verfijningen de uiteindelijke emissies van VOS als gevolg van het vrij ontgassen worden bepaald.

### 4.2 Formule voor het bepalen van de emissies

De berekening wordt, per stof, uitgevoerd aan de hand van de volgende formule:

$$\begin{aligned} \text{Gewicht VOS (damp) geëmitteerd} = & \\ & \text{gewicht VOS lading waarna ontlucht is (A)} \\ & \text{gedeeld door dichtheid vloeistof (B)} \\ & \text{maal volumepercentage damp in mengsel (C)} \\ & \text{maal dichtheid pure damp (D)} \\ & \text{maal correctiefactoren (E)} \end{aligned}$$

De benodigde gegevens vallen in drie categorieën uiteen:

- (A) transportgegevens: deze zijn voor deze studie verstrekt door de AVV, voor het jaar 2002 en in het vorige hoofdstuk behandeld;
- (B-D) chemische en fysische gegevens: deze komen uit literatuur<sup>28</sup>;
- (E) praktijkgegevens over laden en lossen: hiervoor worden diverse actoren geraadpleegd.

De emissiefactor is opgebouwd uit de dichtheid van de vloeibare lading, de dichtheid van de damp en het volumepercentage van de damp: de factoren B, C en D in de formule. Vermenigvuldigen van die emissiefactor met de relevante ladinggewichten, zoals vermeld in Tabel 5, levert dan de geschatte emissies van VOS op, waarbij nog gecorrigeerd kan worden voor praktijkervaringen over het actuele laden en lossen<sup>29</sup>.

Bij de uitvoering van de berekeningen heeft UN1203 om diverse redenen een speciale positie. Niet alleen is de regelgeving voor UN1203 al strikter dan voor andere stoffen en is het totaal transportgewicht het grootst, maar ook zijn – hierdoor – veel meer gegevens voorhanden. De invloed van temperatuur op de berekeningen zal bijvoorbeeld alleen voor UN1203 worden uitgevoerd. Daarnaast bestaan er ‘zomer- en winterbenzines’ met belangrijk verschillende fysische eigenschappen. Ook hiervan zal de invloed bekeken worden.

<sup>28</sup> Handbook of chemistry and physics; ICSC data sheets; zie Bijlage B.

<sup>29</sup> Bijvoorbeeld de ware concentratie van achterblijvende damp in geloste tanks of het percentage van ladinggewicht met compatibele vervolglading dat wordt ontlucht (i.e. de precisering van de vraag of het nu om het minimum of maximumgewicht gaat in Tabel 5).

Omdat voor de andere stoffen minder gegevens bekend zijn, is het onvermijdelijk dat de resultaten voor deze stoffen een schatting van de ware VOS-emissies per jaar zullen zijn.

De resultaten van de emissieschatting worden beïnvloedt door de volgende onzekere factoren:

- de transportgegevens zijn voor slechts één jaar beschikbaar (2002);
- de praktijkgegevens gelden onder bepaalde condities en zijn daarom een benadering van de gemiddelde waarde;
- de dampspanning van mengsels van moleculen, zoals vrijwel alle stoffen die hier beschouwd worden zijn, is niet theoretisch bekend;
- de hoeveelheid achterblijvende vloeistof na het nalenzen voor stoffen die niet op de compatibiliteitslijst staan is onbekend;
- op de standaard datasheets worden fysische stofgegevens in het algemeen voor 20°C gegeven, terwijl de gemiddelde temperatuur in Nederland 10°C is. Er zijn in het algemeen niet genoeg gegevens beschikbaar om hiervoor op een simpele manier te corrigeren.

Om de berekeningen doorzichtig te houden zal er eerst een emissiefactor worden bepaald voor een referentiesituatie (zie paragraaf 4.3). Deze kan worden bepaald met minimale onzekerheden, omdat voor deze situatie de stofgegevens exact bekend zijn en voor diverse grootheden een theoretische waarde wordt gekozen in plaats van een empirische waarde met grotere onzekerheid. Vervolgens wordt dan in de volgende paragrafen ingegaan op de invloed die bovengenoemde factoren in de praktijk kunnen hebben op de aannames uit de referentiesituatie en komen we in paragraaf 4.5 tot een definitieve schatting van deze emissies.

### 4.3 Emissiefactoren en emissies volgens referentiewaarden

Zoals genoemd, bestaat de emissiefactor (aantal kton geëmitteerde stof per Mton lading-waarna-ontlucht) uit drie grootheden:

- dichtheid van de vloeibare lading voor gegeven temperatuur;
- dampdruk (volumepercentage) voor gegeven temperatuur;
- dichtheid van de damp voor gegeven temperatuur.

Deze grootheden zijn over het algemeen bekend voor de organische stoffen, van bijvoorbeeld 'chemical safety cards'. Hierop zit meestal enige variatie, omdat voor deze complexe chemische stoffen de gegevens alleen gemeten en niet berekend kunnen worden. In Bijlage B worden per UN nummer de waarden voor vloeistofdichtheid, dampdichtheid en dampdruk gegeven. Voor UN1268, UN3295 en UN1993 worden steeds twee waardes gegeven. Deze nummers bestaan uit een grote verscheidenheid van stoffen, met zeer uiteenlopende chemische gegevens. De waardes zijn zo een indicatie van het maximum en minimum binnen deze UN-nummers.

De drie grootheden voor de emissiefactor zijn bepaald voor een referentiesituatie met de volgende kenmerken:

- temperatuur is 20°C;
- voor benzine wordt zomerbenzine bekeken (Reid dampdruk 60 kPa);
- na het lossen is de achterblijvende damp verzadigd;
- het uitdampen van de vloeistof die achterblijft na het nalenzen wordt niet meegerekend;
- eindconcentratie na het ontluchten in de tanks is nihil;
- transportgegevens zijn van 2002;
- de ladingtanks zijn altijd volledig beladen.



Dit levert de volgende tabel met emissiefactoren op.

Tabel 8 Emissiefactoren in de referentiesituatie

	Emissiefactor	
	kiloton per megaton	kilogram per m <sup>3</sup>
UN1203	1,43	1,08
UN1268	0,04 – 0,57	0,03 – 0,45
UN3295	0,02 – 3,56	0,02 – 2,35
UN1114	0,36	0,32
UN1230	0,20	0,16
UN1993	0,180– 0,61	0,15– 1,18
UN2398	1,38	0,97

Noot: De waarden voor UN1268, UN3295 en UN1993 zijn afgeleid voor verschillende stoffen die onder die categorieën vallen (zie tekst)

Aan de hand van de minimale en maximale ladinggewichten waarna ontluicht wordt, kan nu voor alle UN nummers worden berekend hoeveel VOS jaarlijks als gevolg van ontluichting, volgens de definitie in paragraaf 4.2, wordt geëmitteerd. Het geëmitteerde gewicht VOS is het relevante laadgewicht (Tabel 7) maal de emissiefactor (Tabel 8).

Tabel 9 Geschatte VOS-emissies als gevolg van ontluichting van transport in, naar, van of door Nederland (in de referentiesituatie, voor minimale en maximale relevante ladinggewichten)

	VOS-emissie (min)	VOS-emissie (max)
	kton	kton
UN1203	1,41	6,23
UN1268	0,07--1,07	0,13 -- 2,13
UN3295	0,04 -- 5,80	0,06 -- 8,71
UN1114	0,32	0,45
UN1230	0,11	0,26
UN1993	0,11 -- 0,37	0,14 -- 0,47
UN2398	0,77	0,92

De grootste emissie in bovenstaande tabel is de bovengrens voor UN3295. Hiervoor zijn de waarden gebruikt van de meest vluchtige stof die in deze UN categorie valt: pentadien (zie Bijlage B). De emissie die hiermee berekend is, is ruim 100 maal hoger dan die waarvoor waarden zijn gebruikt van een veel minder vluchtige stof die ook onder UN3295 wordt vervoerd. De VOS-emissie door ontluichting van dit UN nummer is dus afhankelijk van de precieze hoeveelheden van de verschillende stoffen die onder UN3295 worden vervoerd. Hetzelfde geldt voor UN1268 en UN1993.

In de volgende paragraaf worden deze schattingen van de emissies verder verfijnd voor de invloed van diverse correctiefactoren ten opzichte van de referentiesituatie.

#### 4.4 Verwijningen op de emissiefactor

In de vorige paragraaf zijn de VOS-emissies als gevolg van ontluichten berekend voor de volgende referentiesituatie:

- 1 Temperatuur is 20°C en voor benzine wordt zomerbenzine bekeken (Reid dampdruk 60kPa).
- 2 Na het lossen is de achterblijvende damp verzadigd.
- 3 Het uitdampen van de vloeistof die achterblijft na het nalenzen wordt niet meegerekend.
- 4 Eindconcentratie na het ontluichten in de tanks is nihil.
- 5 Bij compatibele nalading wordt een gedeelte ontluicht, hiervoor wordt zowel 0% als 100% genomen.
- 6 Transportgegevens zijn van 2002.
- 7 De ladingtanks zijn volledig beladen.

De mogelijke variaties op deze factoren worden in de volgende paragrafen besproken voor UN1203. Voor de andere stoffen zijn in het algemeen niet genoeg gegevens bekend om hetzelfde te doen.

##### 4.4.1 Temperatuur en type benzine

Het langlopend jaargemiddelde<sup>30</sup> van de temperatuur in Nederland is 9,8°C. Het langlopend maandgemiddelde voor juli en augustus is 17°C en voor januari en februari 3°C. De temperatuur heeft invloed op de basiskentallen die in de berekening van de VOS-emissies zitten, omdat zowel de vluchtigheid van stoffen vermindert bij lagere temperatuur als de dampdichtheid stijgt.

Dit is ook de reden waarom er winter- en zomerbenzines bestaan, waarbij de winterbenzines een intrinsiek hogere vluchtigheid hebben dan de zomerbenzines. De winterbenzines hebben een hogere dampdruk. Hierdoor wordt het effect van de temperatuur in de praktijk, althans voor UN1203, min of meer teniet gedaan (zie ook AEA, 2001).

Tabel 10 Emissiefactor (kton/Mton) voor UN1203 voor de referentiesituatie, jaar-, zomer- en wintergemiddelde

	Referentie	Jaargemiddelde	Zomer	Winter
	20°C	10°C	17°C	3°C
Reid dampdruk				
60 kPa	1,43		1,43	
80 kPa		1,53		
100 kPa				1,57

In bovenstaande tabel is de emissiefactor gegeven voor vier situaties, met behulp van de waarden in Tabel 48 (zie Bijlage B). De emissiefactor in de referentiesituatie is, vanwege de referentietemperatuur van 20°C en daaraan gerelateerde lage dampdruk, aan de lage kant. De jaargemiddelde factor is ongeveer 7% hoger. De beste schatting voor de emissiefactor voor benzine is naar onze inschatting 1,53.

Voor de overige stoffen zijn op dit moment niet voldoende gegevens voorhanden om de precieze invloed van de temperatuur te bepalen. Aangenomen wordt dat de variatie van dezelfde orde van grootte is. Voor de gemid-

<sup>30</sup> Gegevens van [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl).



delde jaartemperatuur van 10°C zou de emissiefactor dan ongeveer 75% zijn van de waarde in de referentiesituatie (20°C), omdat voor deze stoffen geen verschil in specificatie tussen winter en zomerladingen bestaat.

#### 4.4.2 Verzadigingsfactor

Dampen zijn in principe alleen verzadigd vlak boven het vloeistofoppervlak en in 'ongestoorde' situatie. Na het lossen van de lading zal in het algemeen de achterblijvende damp niet in het hele volume van de tanks de verzadigde dichtheid bereiken. Dit kan worden uitgedrukt door een correctiefactor, die alleen empirisch is vast te stellen. De factor is afhankelijk van de stof, maar ook van eigenschappen van het schip en de tanks en van de manier van laden en lossen.

In het Handboek Emissiefactoren/lekverliezen (VROM, 2001 en 2003) worden waarden voor deze verzadigingsfactor gegeven. Deze zijn afgeleid volgens de methode 'AP-42' van de US Environmental Protection Agency (EPA, 1995) die ook gebruikt wordt in het AEA rapport voor de Europese Commissie (AEA, 2001). Het Handboek (VROM 2003 in de conceptversie) geeft specifieke verzadigingsfactoren voor de binnenvaart die direct op onze emissiefactoren kunnen worden toegepast. De methode van berekenen van emissiefactoren die in de conceptversie van 2003 wordt gebruikt is namelijk volledig equivalent aan onze methode, al worden de grootheden iets anders opgevoerd<sup>31</sup>.

Tabel 11 Factoren binnenvaart volgens Handboek Conceptversie 2003 [II] en volgens deze studie, gecorrigeerd voor verzadigingsfactor

	Verzadigingsfactor	Resulterende emissiefactor benzine (gemiddeld)	Emissiefactor UN1203 CE, deze studie, gecorrigeerd
Vuil schip, voorgaande lading dampdruk > 10kPa	0,56	0,465 kg/m <sup>3</sup>	
Schoon schip of voorgaande lading dampdruk < 10 kPa	0,3	0,245 kg/m <sup>3</sup>	
Na lossen (aangenomen in deze studie)	0,56		0,60 kg/m <sup>3</sup> 0,80 kton/Mton

Voor deze rapportage is van belang hoeveel damp vóór het laden nog aanwezig is, niet hoeveel tijdens het laden naar buiten wordt gedrukt. De verzadigingsfactor daarvoor is niet simpelweg het verschil tussen de twee factoren in Tabel 11, maar ligt waarschijnlijk meer in de buurt van de grootste factor, tenminste voor stoffen met een dampdruk hoger dan 10kPa. We nemen daarom 0,56 als alternatieve verzadigingsfactor (in de referentiesituatie was deze 1,0). De verzadigingsfactor van 0,56 wordt voor alle stoffen gebruikt.

De resulterende emissiefactor voor UN1203 is 0,8 kton/Mton. Ter vergelijking is de factor in Tabel 11 ook uitgedrukt als 0,6 kg/m<sup>3</sup>. Onze waarde ligt hoger dan die uit het Handboek. Dit komt door een verschil in waarde voor de dichtheid van de damp, die in het Handboek als 2,3 maal de dichtheid van lucht wordt genomen en in deze studie als 3 maal de dichtheid van

<sup>31</sup> Dit geldt niet voor de emissiefactoren in het Handboek, versie 2001.

lucht. In de literatuur worden waarden tussen 2,5 en 4,0 opgegeven, zodat 3 een goed gemiddelde lijkt.

#### **4.4.3 Uitdampen van vloeistof bij nalenzen**

Volgens de zelfverplichting blijft na het nalenzen (van UN1203 en UN1268) maximaal de volgende hoeveelheid vloeistof over:

- 10 liter per ladingtank;
- 15 liter per leidingsysteem;
- 15 liter in laatst geloste tank.

Uitgaande van 10 ladingstanks zou dit neerkomen op maximaal 130 liter vloeistof voor het hele schip. Met een gemiddelde lading van 2.000 m<sup>3</sup> is dan de achterblijvende vloeistof maximaal 0,007% van de geloste lading.

Voor benzine bedraagt de achterblijvende damp, in gewicht, 0,143% van de geloste lading (de emissiefactor is immers 1,43 kton/Mton). De na het nalenzen achterblijvende vloeistof draagt daarom maximaal 5% bij aan het gewicht van benzinedampen.

Voor UN1268 bedraagt de achterblijvende damp, in gewicht, 0,004%. De achterblijvende vloeistof geeft hier dus mogelijk een significante bijdrage. Ook voor andere stoffen, met lagere gemiddelde ladinggewichten en/of lagere emissiefactoren, kan dit het geval zijn, zeker als niet nagelensd wordt. Hierbij is wel de vraag of juist voor de weinig vluchtige stoffen (lage emissiefactoren) wel van 'ontluchten' kan worden gesproken, met andere woorden, of hiervoor de achterblijvende vloeistof ook daadwerkelijk verdampt en in de lucht terechtkomt. Ook is niet zeker of voor het nalenzen van andere stoffen dezelfde specificaties gelden als boven genoemd voor benzine en UN1268.

We zullen echter aannemen dat voor alle stoffen geldt dat het effect van achterblijvende stoffen 0,07 kton/Mton toevoegt aan de emissiefactor. Deze 0,07 kton/Mton is onafhankelijk van temperatuur en verzadigingsgraad en wordt dus opgeteld na correctie van de emissiefactor voor deze twee factoren.

#### **4.4.4 Dampconcentratie na ontluchten**

In de referentiesituatie stellen we dat ontlucht wordt tot de ladingtanks volledig gasvrij zijn. In praktijk zal dit ook meestal het geval zijn. Bij ingaan van het voorgenomen verbod zal echter, ook bij niet compatibele vervolglading op benzine, niet meer ontlucht mogen worden. Hierbij zal voor 'ontgast' de grens van 10% LEL worden gehanteerd. De laatste hoeveelheid damp, van 10% LEL tot 0% LEL, zal nog wel vrij geëmitteerd kunnen worden. Het verschil tussen 0% LEL en 10% LEL is voor UN1203 echter minder dan een procent van het volumepercentage damp vóór ontluchten. Gegeven alle onzekerheden in andere factoren, is dit dus niet relevant.

#### **4.4.5 Percentage ontluchting**

Niet alle stoffen komen voor op de compatibiliteitlijst (Tabel 3). Van de stoffen die in deze rapportage beschouwd worden gaat het alleen om UN1203 en UN1268. Zodoende is het ontluchtingspercentage bij compatibele nalading alleen van belang voor deze twee stoffen. Daarnaast is er voor alle stof-



fen, behalve UN1203<sup>32</sup>, een percentage van de dedicatievaart waarvoor ont-  
lucht wordt. Voor UN1268 is dit percentage waarschijnlijk klein, omdat de  
stof onder de zelfverplichting valt en ook bij belading ontgast kan worden op  
de meeste systemen (DVI). Voor UN1230, UN1114, UN3295, UN1993 en  
UN2398 is het percentage mogelijk groot, omdat hiervoor DVI's niet alge-  
meen beschikbaar zijn.

Als variatie op de referentiesituatie, waarin voor de onbekende percentages  
zowel 0% als 100% is genomen, zijn in Tabel 12 schattingen gemaakt van  
de ontluhtingspercentages. Voor stoffen op de compatibiliteitslijst is een  
klein percentage aangenomen (20%), voor de anderen een groot percenta-  
ge (80%). Voor niet-compatibele vervolglading blijft het percentage 100%.

Tabel 12 Geschatte percentages (gewicht) ontluht bij dedicatievaart of compatibele  
vervolglading

	Dedicatie	Compatibel
UN1203	NVT (verbod)	20%
UN1268	20%	20%
UN3295	80%	NVT
UN1114	0% <sup>33</sup>	NVT
UN1230	80%	NVT
UN1993	80%	NVT
UN2398	80%	NVT

#### 4.4.6 Fluctuaties in de jaarcijfers

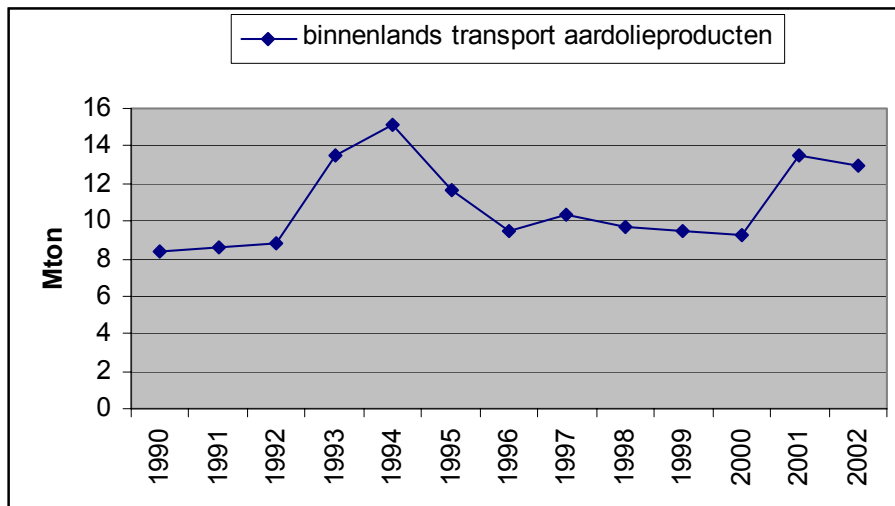
Uiteraard zullen de transportgegevens van jaar tot jaar anders zijn. In Figuur  
5 is dit te zien voor het totaal aan binnenlands vervoer van aardolieproduc-  
ten. De variatie rond het gemiddelde is zo'n 40%. Dit is een statistische  
maat; van één jaar naar het volgende kan dus mogelijk een factor 2 verschil  
optreden in de VOS-emissies.

Daarnaast is het nog mogelijk dat 2002 een extreem jaar was wat betreft  
deze transportgegevens. In Figuur 5 is duidelijk dat dit niet het geval was.  
Wel werd in 2001 en 2002 meer getransporteerd dan de jaren ervoor.

<sup>32</sup> Door de gevolgde definitie van dedicatievaart met 'lege tussenreis' (zie bijlage B) wordt een  
aantal reizen meegerekend als dedicatievaart terwijl deze misschien toch ontluht zijn ge-  
weest (zie bijlage A). Het gaat hier om ongeveer 5% van het totaal losgewicht. Omdat niet  
duidelijk is of het hier gaat om fouten in de registratie wordt dit niet meegenomen.

<sup>33</sup> UN1114 (benzeen) is carcinogeen en wordt in praktijk dus niet ontluht bij dedicatievaart.

Figuur 5 Transport in Mton per jaar voor 1990 - 2002 (bron: CBS)



#### 4.4.7 Effect van onvolledige belading

Bij het effect van onvolledige belading gaat het er niet zozeer om of het schip al of niet de maximale lading vervoert, maar hoe vol de individuele ladingtanks gevuld zijn. In een lege ladingtank zal immers ook geen damp ontstaan. De gemiddelde totale beladingsgraad voor benzine ligt rond de 80%, maar dit zegt niets over de gemiddelde belading van ladingtanks zelf.

De gemiddelde belading van een ladingtank is in ieder geval minder dan 100%. Dit komt doordat tanks nooit tot de nok toe beladen kunnen worden en bovendien soms met halfvolle tanks gevaren moet worden vanwege de lage waterstand. Dit betekent dat som van het volume van alle tanks waarin getransporteerd wordt, groter is dan de som van het volume van het getransporteerde product. Aangezien de hoeveelheid ladingdamprestandten in principe alleen afhangt van het tankvolume en niet van het volume van het getransporteerde product, moet hiervoor gecorrigeerd worden.

We gaan er in deze studie vanuit dat het beladingspercentage voor de stoffen in onze lijst dichtbij de 100% ligt. Het Handboek Emissiefactoren [II] geeft voor crude tankers een percentage van 98%. Dit zou resulteren in een 2% hogere emissiefactor. Dit kleine verschil wordt hier verder verwaarloosd, maar nadere bepaling van deze factor zou wellicht raadzaam zijn.

#### 4.5 Bepaling van de VOS-emissies als gevolg van ontgassen

Zoals in bovenstaande is duidelijk geworden, is het moeilijk een éénduidig antwoord te geven op de vraag hoeveel kiloton VOS wordt geëmitteerd als gevolg van ontluchten van lichters na transport van UN1203. Ondanks alle onzekerheden en correctiefactoren is een consistent beeld te vormen van de juiste emissiefactor. Onze aanbeveling is om de jaargemiddelde emissiefactor, gecorrigeerd voor het feit dat de damp niet verzadigd is, te gebruiken.

In formule kunnen alle relevante correctiefactoren als volgt worden doorberekend:

$$EF = (EF_{ref} \times f(T) \times S + R) \times P_o$$





Hierbij is EF\_ref de emissiefactor in de referentiesituatie, voor een bepaalde stof, f(T) is de afhankelijkheid van temperatuur van de emissiefactor van die stof, S is de verzadigingsfactor, R het effect van achterblijvende lading en P\_o is het totaal ontluuchtingspercentage.

Dit percentage is opgebouwd uit:

- het percentage van de totale lading in dedicatievaart maal het percentage van lading in dedicatievaart waarna ontluucht wordt;
- hierbij opgeteld hetzelfde voor compatibel;
- hierbij opgeteld hetzelfde voor niet compatibel.

In Tabel 13 wordt de referentie emissiefactor, de correctiefactoren en de resulterende gecorrigeerde emissiefactor gegeven voor alle stoffen.

Tabel 13 Emissiefactor in de referentiesituatie, correctiefactoren en emissiefactor na correctie

	EF_ref	T=10	S	R	EF_cor
	kton/Mton	factor	factor	kton/Mton	Kton/Mton
UN1203	1,43	1,07	0,56	0,07	0,93
UN1268	0,04 – 0,57	0,75	0,56	0,07	0,09 – 0,31
UN3295	0,02 – 3,56	0,75	0,56	0,07	0,08 – 1,57
UN1114	0,36	0,75	0,56	0,07	0,22
UN1230	0,20	0,75	0,56	0,07	0,16
UN1993	0,180– 0,61	0,75	0,56	0,07	0,15 – 0,33
UN2398	1,38	0,75	0,56	0,07	0,65

In Tabel 14 worden alle ontluuchtingspercentages gegeven. De ontluuchtingspercentages zijn gebaseerd op de huidige regelgeving. Voor UN1203 is ontgassen bij dedicatie verboden, oftewel het ontluuchtingspercentage is in dat geval 0%. Bij niet-compatibele nalading is het percentage voor alle stoffen 100%. Bij nalading volgens de zelfverplichting (zie Tabel 3) is een percentage van 20% aangenomen, evenals voor dedicatievervoer voor UN1268. Voor UN1114, benzeen, is het ontluuchtingspercentage bij dedicatievervoer ook op 0% gezet, omdat deze stof zeer carcinogeen is en dus niet ontluucht zal worden tenzij strikt noodzakelijk.

Tabel 14 Percentages ontluuchting en lading in de categorieën dedicatie, compatibel en niet compatibel, met effectieve ontluuchtingspercentage voor totaal losgewicht (ladingpercentages bron: AVV)

	Ontluuchting dedicatie	Ontluuchting compatibel	Ontluuchting niet compatibel	Percentage dedicatie	Percentage compatibel	Percentage niet compatibel	Ontluuchtingspercentage
	%	%	%	%	%	%	%
UN1203	0	20	100	39	47	14	23
UN1268	20	20	100	39	11	50	60
UN3295	80		100	33		67	93
UN1114	0		100	30		70	70
UN1230	80		100	59		41	88
UN1993	80		100	20		80	96
UN2398	80		100	16		84	97

De verhouding dedicatie : compatibel : niet-compatibel is nagenoeg onafhankelijk van het reistype (binnenlands of internationaal vervoer). Het ontluichtingspercentage is dan hetzelfde voor de verschillende reistypes. We nemen aan dat hetzelfde geldt voor de transporten binnen Duitsland.

De gecorrigeerde emissiefactor, maal het ontluichtingspercentage, toegepast op de losgewichten per reistype (uit Tabel 7) geeft nu de VOS-emissies in Tabel 15. Voor UN1268, UN3295 en UN1993 is zowel de minimum als maximum emissie gegeven, gebaseerd op de minst en meest vluchtige stof die onder het nummer valt.

Tabel 15 Emissies totaal per reistype (combinatie Tabel 46, Tabel 13 en Tabel 14) in 2002

		Totaal	Binnenlands	Vanuit NL	Naar NL	Door NL
		kton	kton	kton	kton	kton
UN1203		1,54	0,493	0,560	0,204	0,283
UN1268	Min	0,19	0,019	0,117	0,047	0,008
	Max	0,70	0,070	0,425	0,172	0,029
UN3295	Min	0,18	0,067	0,066	0,036	0,014
	Max	3,57	1,308	1,283	0,704	0,278
UN1114		0,20	0,029	0,069	0,055	0,043
UN1230		0,17	0,017	0,156	0,001	0,000
UN1993	Min	0,11	0,059	0,010	0,007	0,031
	Max	0,24	0,133	0,022	0,016	0,069
UN2398		0,42	0,165	0,141	0,097	0,015

In Tabel 16 is, aan de hand van de gewichten in bijlage A, een schatting van de emissies van binnenlands vervoer in Duitsland gemaakt, voor de stoffen waarvoor gegevens beschikbaar zijn. Daarnaast zijn de emissies buiten Nederland (meestal Duitsland) na vervoer vanuit of door Nederland en de totale emissies in, dat wil zeggen binnen en naar, Nederland gegeven.

Tabel 16 Emissies in Nederland, buiten Nederland (volgens aanname in Duitsland) met doorvoer door Nederland en in Duitsland zonder doorvoer door Nederland

		In NL	Buiten NL (meestal Duitsland)	In Duitsland
			met vervoer door NL	zonder vervoer door NL
		kton	kton	Kton
UN1203		0,70	0,50 <sup>34</sup>	0,62 <sup>34</sup>
UN1268	Min	0,07	0,12	0,08
	Max	0,24	0,45	0,27
UN3295	Min	0,10	0,08	
	Max	2,01	1,56	
UN1114		0,08	0,11	
UN1230		0,02	0,16	
UN1993	Min	0,07	0,04	
	Max	0,15	0,09	
UN2398		0,26	0,16	

<sup>34</sup> Ontluichtingspercentage voor Un1203 in Duitsland is 14% i.p.v. 23% (Tabel 11) omdat daar ook bij compatibele vaart ontluichten verboden is.



De totale emissies in Duitsland (plus achterliggende landen) zijn 2 tot 3 keer zo hoog als in Nederland, wat betreft de twee categorieën waarvoor dit is bekeken (UN1203 en UN1268).

#### 4.6 Variaties en onzekerheden

In Tabel 16 worden de beste waarden gegeven voor de jaarlijkse VOS-emissies als gevolg van transport met binnenschepen. Een overzicht van de mogelijke variaties op deze waarden is gegeven in Tabel 17. Op basis van berekeningen in dit hoofdstuk is een schatting gemaakt van de orde van grootte van de variaties (standaarddeviatie<sup>35</sup>). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen daadwerkelijke onzekerheden in de berekeningen en invloeden van mogelijk variabele factoren.

Tabel 17 Orde van grootte van variaties op emissies in Tabel 16 (en Tabel 18)

	Onbekenden (1)	Onzekerheden (2)	Variabele factoren (3)	Eenzijdige onzekerheden (4)
UN1203		Samenstelling (15%)  Ontluchtingspercentage (10%)	Totaal transport per jaar (20%)	Beladingsgraad (+5%)
UN1268	Percentages verschillende stoffen binnen Unnummer (Vervolg 50:50)	Temperatuurcorrectie (20%)		
UN3295	Percentages verschillende stoffen binnen Unnummer (Vervolg 80:20)	Ontluchtingspercentage (10%)		
UN1114				
UN1230				
UN1993	Percentages verschillende stoffen binnen Unnummer (Vervolg 50:50)	Achterblijvende vloeistof (50%)		
UN2398				

Uit het niet meenemen van effecten van onvolledige beladingsgraad en achterblijvende vloeistoffen<sup>36</sup> komt een onderschatting van de emissie voort, die varieert van ongeveer 6% (UN1203) tot mogelijk een factor 2 voor de minst vluchtige stoffen. Voor deze weinig vluchtige stoffen is de invloed van deze factor echter niet goed te bepalen; de onzekerheden zijn indicatief.

De variaties die symmetrisch zijn rond de berekende waarde van de emissie, in kolom 2 en 3, kunnen kwadratisch worden gemiddeld tot een totale variatie van 27% (UN1203) tot 55% (overige stoffen).

<sup>35</sup> Het bereik van gemiddelde plus of min één standaarddeviatie is het 68%-waarschijnlijkheidsinterval.

<sup>36</sup> De in de tabel gegeven waarden zijn gebaseerd op de extra emissiefactor van 0,07 kton/Mton zoals berekend voor benzine in 4.4.3.

#### 4.7 Conclusies emissies

Uit transportgegevens van de AVV en stofgegevens van onder andere het IPCS zijn de hoeveelheden VOS afgeleid die bij ontluchten van Nederlandse lichters vrijkomen. Naast de fysische grootheden (dichtheden, dampdruk, etc) blijken de verzadigingsgraad van de damp, het percentage van de lading dat ontlucht wordt, uitdampen van de achterblijvende vloeistof en de buitentemperatuur belangrijke invloed op de VOS-emissies te hebben. Een overzicht van de variaties en onzekerheden op de emissies is gegeven in de vorige paragraaf.

In Tabel 18 wordt een overzicht gegeven van de resultaten die voor het vervolg van deze studie van belang zijn. Voor de drie UN-categorieën die zeer verschillende stoffen omvatten (UN1268, UN3295, UN1993) is een schatting gemaakt van de verhouding van vluchtige stoffen tot minder vluchtige stoffen (zie Tabel 17). Hiermee wordt ook voor deze UN categorieën één waarde voor de VOS-emissie bepaald. Zodoende wordt in de tabel voor elke stof één waarde gegeven voor:

- de emissiefactor;
- het ontluchtingspercentage;
- het totaal losgewicht;
- VOS-emissie bepaald voor Nederland;
- VOS-emissie bepaald voor buiten Nederland.

Voor UN1203 en UN1268 wordt ook een schatting gegeven van de VOS-emissies van binnenlands transport in Duitsland.

Tabel 18 Emissies in Nederland, in Duitsland<sup>37</sup> met vervoer vanuit of via Nederland en in Duitsland zonder doorvoer door Nederland. Ontluchtingspercentages volgens Tabel 12

	Emissie-factor	% ontlucht	Totaal losgewicht	VOS-emissies		
				In NL	In Duitsland+	In Duitsland+
	Uit 4.5	Uit 4.5	Alles in, door, van of naar NL		Met vervoer door NL	Zonder doorvoer door NL
	kton/Mton	%	Mton	kton	kton	kton
UN1203	0,93	23	7,17	0,70	0,50 <sup>38</sup>	0,62 <sup>38</sup>
UN1268	0,20	60	3,74	0,15	0,29	0,17
UN3295	0,38	93	2,45	0,49	0,38	
UN1114	0,22	70	1,27	0,08	0,11	
UN1230	0,16	88	1,27	0,02	0,16	
UN1993	0,24	96	0,77	0,11	0,07	
UN2398	0,65	97	0,66	0,26	0,16	
TOTAAL				<b>1,81</b>	<b>1,67</b>	

De waarden in deze tabel zijn het uitgangspunt voor de verdere bepaling van oplossingen en kosten.

De hier geschatte emissies zijn veel lager dan eerder werd aangenomen. Bijvoorbeeld, in het PWC-rapport werd ervan uitgegaan van emissies tussen

<sup>37</sup> Duitsland+ staat voor groot aandeel Duitsland en redelijk aandeel Zwitserland (en klein aandeel Oostenrijk, Frankrijk); zie Bijlage A.

<sup>38</sup> Ontluchtingspercentage voor UN1203 in Duitsland is 14% i.p.v. 23% (Tabel 12) omdat daar ook bij compatibele vaart ontluchten verboden is.



de 2 –15 kton per jaar als gevolg van alleen het vervoer van UN1203, terwijl het Ministerie van V&W eerder uitging van een schatting van 7 kton per jaar (privé commentaar Hans Kraaij). Voor alle stoffen gaf TNO eerder een maximale schatting af van ongeveer 22kton per jaar (TNO, 2002) voor het hele Rijngebied<sup>39</sup>.

---

<sup>39</sup> In de eindrapportage KWS2000 wordt de totale emissie van VOS in 2000 - afkomstig van aan KWS deelnemende doelgroepen - vastgesteld op 128 kton. Volgens de KWS eindrapportage is de VOS-emissie t.g.v. belading van lichters met vluchtige vloeistoffen, zoals ruwe olie, nafta, etc, minder dan 0,6 kton. De resultaten in dit rapport laten zien dat de emissies die meegerekend zijn in de KWS2000 rapportage slechts een gedeelte zijn van de totale ontgassingsemissies in Nederland, iets dat in het KWS2000 project ook is erkend.



## 5 Maatregelen om ontgassen te voorkomen

### 5.1 Inleiding

Een voorgenomen verbod op vrij ontgassen betekent dat er maatregelen zullen moeten worden genomen. In dit hoofdstuk worden een aantal oplossingsrichtingen gepresenteerd en verder uitgewerkt (paragraaf 5.2). Van deze oplossingsrichtingen zijn er twee mogelijk kansrijk: dedicatie- / compatibiliteitsvaart en het plaatsen van DVI's aan de wal. Deze zullen in hoofdstuk 6 en 7 worden beoordeeld op hun kosten en hun mogelijke effecten. In dit hoofdstuk zal in paragraaf 5.3 worden ingegaan op de methoden om de kosten te berekenen en zal worden aangegeven welke kostencategorieën er zullen worden meegenomen in de analyse.

### 5.2 Mogelijke oplossingsrichtingen

Voor het verwerken van bij gecontroleerd ontgassen vrijgekomen dampen moeten daarom nieuwe maatregelen worden genomen. Deze vallen uiteen in vijf opties:

- 1 Verplichte compatibiliteits- en dedicatievaart waarbij de binnenvaart alle situaties vermijdt waarin ontgassen noodzakelijk is.
- 2 Ontgassings-DVI, analoog aan de installatie bij de AVR.
- 3 Een dual-fuel motor aan het schip waarmee ook gassen uit het ruim kunnen worden verbrand.
- 4 Absorptie van de gassen aan boord van het schip.
- 5 Het 'spoelen' - met gebruik van dampretour - van het ruim van het schip met water of stikstof.

Tezamen vormen deze vijf mogelijkheden een redelijk beeld van de mogelijke oplossingsrichtingen. Een aantal van deze mogelijkheden verkeert echter nog in een ontwerpfase. Daarnaast zijn er mogelijk nog andere mogelijkheden die wij tijdens onze telefonische interviews niet hebben kunnen achterhalen.

Deze mogelijkheden worden in onderstaande paragrafen verder toegelicht.

#### 5.2.1 Dedicatie en compatibiliteitsvaart

Een manier om ontluften te voorkomen is om lading alleen via dedicatie- of compatibiliteitsvaart te vervoeren. Hieronder wordt verstaan: transporten waarbij tijdens opeenvolgende reizen in het laadruim of de ladingtank van het schip dezelfde lading of andere lading wordt vervoerd, waarvan het transport geen reiniging van het laadruim of de ladingtank vereist.

In hoofdstuk 2 is uitgelegd dat er in dat geval niet ontgast hoeft te worden<sup>40</sup>. Als een mobiele tank bijvoorbeeld uitsluitend voor benzine UN1203 wordt gebruikt, is het herladen met benzine of een met benzine compatibele stof mogelijk zonder te ontgassen.

---

<sup>40</sup> In de praktijk gebeurt dit nog wel, vooral doordat er een gebrek aan DVI capaciteit zou zijn bij de inlaadpunten waardoor schippers moeten wachten. Dit is echter niet echt noodzakelijk en zou met een verbod voorkomen kunnen worden. Uiteraard zijn daar wel kosten aan verbonden en die worden in hoofdstuk 6 bepaald.

Problematischer is het in de gevallen waarin thans ontgast moet worden doordat de vervolglading niet-compatibel is met de originele lading. Daar zullen logistieke oplossingen voor moeten worden gevonden die tot extra kosten voor de binnenvaart kunnen leiden. De mogelijkheden voor dedicatie- en compatibiliteitsvaart zijn afhankelijk van de hoeveelheden en de soorten lading, die de verlader te transporteren heeft. Voor kleinere verladers of verladers die veel verschillende stoffen verladen, is het dus moeilijk om veel via dedicatie- en compatibiliteitsvaart op te lossen. Grotere verladers hebben wellicht meer mogelijkheden om logistieke oplossingen te vinden.

Mogelijke andere bezwaren die aan dedicatie- en compatibiliteitsvaart kleven zijn:

- *Veiligheidsrisico's*  
Als een vervoerder geen compatibele vervolglading bij dezelfde terminal kan laden als waar gelost is, kan er toe besloten worden om naar een andere verlader te varen en daar wel een compatibele vervolglading te laden. In dit geval moet het schip varen met een ontplofbare damp in het ruim. Dit kan bij enkelwandige schepen ongewenst zijn vanwege mogelijke veiligheidsrisico's.
- *Geschiktheid dampverwerkingsinstallaties*  
Ook een vraag is of aanwezige installaties geschikt zijn voor dampverwerking bij compatibiliteitsvaart. Op dit moment is dampretour en dampverwerking alleen verplicht bij dedicatievaart. De daarvoor veel gebruikte dampretour-DVI's zijn dus in principe ontworpen voor benzine (UN1203). In hoeverre deze kunnen worden ingezet als de vervolglading bijvoorbeeld UN1268 is, is niet duidelijk; in bepaalde gevallen is dit zeker wél mogelijk. We gaan er in deze studie vanuit dat dit mogelijk is, en mogelijkwijs tot kleine aanpassingen zal moeten leiden.
- *Capaciteit dampverwerking bij compatibele vervolglading*  
Daarnaast is ook de vraag hoeveel extra *capaciteit* nodig is voor dampverwerking bij dampretour van compatibele vervolglading. Op dit moment geven verschillende verladers al aan, dat ze niet genoeg capaciteit hebben om een compatibele vervolglading altijd met aansluiting op de dampretour en DVI te laden, omdat deze al bezet is voor het laden van een dedicatie-vervolglading. Dit kan dus leiden tot extra wachttijden bij het inladen van benzine.

## 5.2.2 Ontgassings-DVI aan de wal

Een alternatief voor dedicatie- en compatibiliteitsvaart zou zijn het bouwen van ontgassings-DVI's aan de wal, bij de los- inlaadpunten. Zoals in hoofdstuk 2 uitgelegd, voldoen de huidige dampretour-DVI's niet bij het ontgassen als gevolg van niet-compatibele vaart omdat:

- 1 Er dan lucht in het ruim moet worden ingeblazen.
- 2 De gassen minder geconcentreerd worden dan bij verdringing door het inladen van nieuwe lading.

Dit betekent dat er nieuwe dampretour-DVI's moeten worden gebouwd die groter zijn, het ruim actief leegzuigen (of blazen), het ontgaste mengsel geschikt maken voor verwerking en die grotere volumes gassen aankunnen. We spreken dan over een compleet nieuw type installatie.





Bij een dergelijke DVI is het mogelijk om ook op andere manieren te ontgassen dan de tot nu toe gangbare manier van lucht inblazen via de laad- en losbuis. Alternatieven zijn:

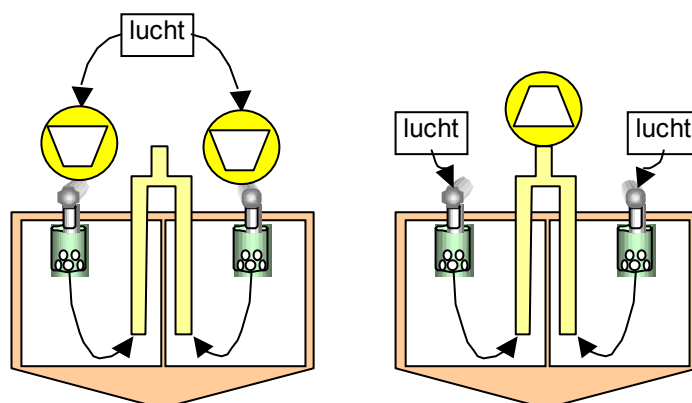
- het *verdringen* van de damp door lucht via de gasverzamelbuizen in het ruim te blazen en de door de lucht verdrongen damp via de laad- en losbuis te verzamelen en af te voeren;
- het *evacueren* van het ruim door de damp via de laad- en losbuis af te zuigen en daarbij via de onderdruk ventielen en gasverzamelbuizen lucht in het ruim toe te laten.

Beide alternatieve methoden hebben als potentieel voordeel dat de dampen uit het ruim in principe geconcentreerder kunnen worden geïsoleerd dan bij de tot nu toe gangbare manier van ontgassen. Het geconcentreerde vrijkomen van de dampen heeft in principe als voordeel:

- dat minder lucht hoeft te worden gebruikt voor het spoelen van het ruim;
- dat een kleiner gasvolume hoeft te worden behandeld door de installatie waarmee VOS-emissies naar lucht worden geminimaliseerd.

Dit zijn reële voordelen wanneer daarnaast ook snel kan worden ontgast, zodat een schip slechts een beperkte tijd aan de kade hoeft te liggen. De gemiddelde tijd die met deze technieken gemoeid is voor ontgassen ligt tussen de 3 en 8 uur (zie hoofdstuk 7).

Figuur 6 Alternatieve ontgassingstechnieken: verdringing en evacuatie



### 5.2.3 Ontgassings-DVI aan boord

In theorie zou een ontgassings-DVI zowel op de wal als op het schip geïnstalleerd kunnen zijn. In verschillende interviews is genoemd, dat bij zeetankers wel een systeem in gebruik zou zijn waarbij de restladingdampen in de scheepsmotor worden verbrand. Het gaat hierbij mogelijk alleen om enkele testgevallen (Concawe 2002). Terugwinning van damp voor inzet in de motor vindt volgens AEA bij hoogzee schepen ook daadwerkelijk plaats. Damp wordt door compressie en koelen vloeibaar gemaakt en aan de motor toegevoerd.

De veiligheidseisen die de ADNR stelt aan binnenvaartschepen beperken echter de mogelijkheden tot installatie aan boord. Eén van de relevante artikelen van het ADNR hierin is 7.1.3.31: *het is verboden motoren te gebruiken, die gebruik maken van een brandstof met een vlammpunt lager dan 55°C (bijv. benzinemotoren).*

Bovendien zijn voor zeevaart andere veiligheidseisen geldig dan voor de binnenvaart. Eisen voor open zee zijn er nauwelijks. Dat geldt bijvoorbeeld ook voor SO<sub>2</sub>-emissies naar lucht.

Afgezien daarvan, als alle binnenvaart schepen met een dieselmotor zijn uitgerust, is inzet van vloeibaar gemaakte dampen of de dampen zelf in de motor minder logisch omdat de dampen of vloeistof te vroeg spontaan ontbranden bij compressie. Je krijgt dan problemen als kloppen. De motor zou met het oog hierop eerst moeten worden omgebouwd om in dual-fuel modus te kunnen opereren.

Naar schatting zijn er in totaal ongeveer 400-500 schepen actief bij het vervoer van de in deze studie onderscheiden UN-nummers<sup>41</sup>. De motor van deze schepen zou dan moeten worden omgebouwd. Vooral als alleen die motoren van schepen worden omgebouwd die in de toekomst ook daadwerkelijk niet-compatibel willen varen, zou dit een kosteneffectieve mogelijkheid kunnen zijn. Dat zou wel een aanpassing van de wet vereisen. Daarvoor zou eerst nadere analyse moeten worden gedaan naar de veiligheidsconsequenties van het gebruik van dual-fuel motoren met lagere verbrandingstemperaturen in het binnenvaarttransport van potentieel gevaarlijke stoffen. Dit wordt gecompliceerd doordat deze techniek in principe ook nog wordt toegepast.

Aangezien de wet daarover op dit moment vrij duidelijk is, hebben we in het kader van dit onderzoek daar geen nadere gaan we daar in deze studie niet nader op in.

#### **5.2.4 Dampverwerking: absorptie aan boord**

Een systeem voor dampabsorptie aan boord schijnt te zijn bestudeerd door EnviroTech. Een medewerker bij Entec Holland – leverancier van Envirotech producten in Nederland – herinnert zich wel dat een aantal mensen in Utrecht met een dergelijk systeem bezig waren, maar hij heeft er al een aantal jaren niets meer van gehoord. Waarschijnlijk ligt de ontwikkeling van dit initiatief inmiddels stil. De precieze specificaties hiervan zijn niet bekend, maar het werkt met vloeistofabsorptie en genereert daardoor chemisch afval. Het zou in totaal 12 uur kosten waarmee gedurende die tijd niet geladen kan worden. Deze tijdsinzet lijkt daarmee economische exploitatie van deze techniek in de weg te staan.

#### **5.2.5 Wassen met water**

Een andere techniek die soms genoemd wordt als mogelijk interessant betreft het 'dampspoelen' van het ruim met water. Het water dat gebruikt wordt zou dan echter, net als 'waswater' in het SASV, waarschijnlijk als afval moeten worden behandeld, hetgeen vanwege de grote volumina weer nieuwe problemen met zich mee zou brengen.

Het waswater zal bij niet in water oplosbare chemicaliën waarschijnlijk aan een olie/water scheider moeten worden toegevoegd om de op water drijvende verbindingen af te scheiden. Methanol zal gedeeltelijk of geheel in water oplossen. Voor methanol gold in de oude regeling voor gevaarlijk afval een behoorlijk scherpe concentratie-eis.

---

<sup>41</sup> Schatting gebaseerd op gegevens uit ERBS, 2002 ervan uitgaande dat ongeveer 40% van de markt van de binnentankvaart bestemd is voor vervoer van UN1202.



De tarieven voor afvalwater behandeling bedragen – voor zover we hebben kunnen uitvinden in de studie voor NAM – in de range van € 50 – 300 per m<sup>3</sup>. (CE, 2003). Indien het gehele ruim eenmaal met water wordt gespoeld worden zo de totale kosten exorbitant hoog (€ 100.000 minimaal per ontgassing). Daarom zien we dit niet als een haalbare oplossing.

Omdat deze techniek echter wel de concentratie dampen in het ruim geheel doet verdwijnen, is er een mogelijke toepassing bij het werfbezoek voor onderhoud aan de schepen.

### 5.2.6 Conclusies oplossingsrichtingen

Concluderend kunnen we stellen dat er slechts twee mogelijke opties ons waarschijnlijk lijken om vrij ontgassen te voorkomen:

- 1 Dedicatie- en compatibiliteitsvaart.
- 2 Het plaatsen van een ontgassings-DVI aan de wal.

De andere genoemde opties verkeren ofwel nog in een ontwerpfase, of hebben belangrijke nadelen op andere terreinen, zoals bijvoorbeeld het milieu of de veiligheid.

### 5.3 Kosten van oplossingsrichtingen

De kosten die samenhangen met deze oplossingsrichtingen worden bepaald door een aantal kostencategorieën. De volgende kostencategorieën hebben we beschouwd in deze studie om tot een inschatting te komen van de totale jaarlijkse kosten:

- afschrijvingskosten;
- arbeidskosten;
- onderhoudskosten;
- netto energiekosten (brandstof voor zowel schip als DVI).

Deze kosten zijn bepaald voor zowel de situaties waarbij DVI's worden geplaatst als bij de situatie waarbij het verbod wordt ingevuld met verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart.

De **afschrijvingskosten** worden bepaald door de apparaatskosten, de installatiekosten en de indirecte kosten, zoals kosten van opleiden personeel, vergunningverleningprocedure, engineering. Alle afschrijvingskosten van apparaten en de installatie zijn bepaald aan de hand van de milieukostenmethodiek van VROM (1998). Voor de afschrijvingskosten van het schip is gebruik gemaakt van NEA (NEA, 2003) die een vergelijkbare methode hanteert.

De **arbeidskosten** zijn van belang voor zowel de bediening van de DVI's als voor de kosten van het varen en stilliggen van binnenvaartschepen. Deze kosten zijn marktconform bepaald.

De **onderhoudskosten** vormen een kleine categorie in de totale kosten. Voor DVI's bedragen die gemiddeld 2% van de installatiekosten. Voor de scheepvaart is er een uitsplitsing gemaakt naar variabele onderhoudskosten (afhankelijk van de hoeveelheid gevaren kilometers) en vaste onderhoudskosten (periodieke onderhoudskosten onafhankelijk van het gebruik van het schip).

De **netto energiekosten** tenslotte zijn bepaald aan de hand van bestaande brandstofprijzen en prijzen van de vervoerde stofnummers in verband met de mogelijkheid van terugwinning bij verplicht ontgassen. Sommige DVI's leveren namelijk ook opbrengsten: VOS-houdende producten en energie, afhankelijk van het soort DVI. Deze opbrengsten zijn uiteraard van de kosten afgetrokken om de totale kosten te bepalen als gevolg van de maatregelen die genomen kunnen worden om te ontgassen.

Al deze kosten kennen een grote variatie, onder andere door een verschil in *schaal* en in *gebruik* van de kapitaalgoederen (schepen, ontgassings DVI's). Zo zal een groot schip weliswaar hogere afschrijvingskosten kennen, maar per vervoerde ton-kilometer zullen de kosten juist lager zijn dan bij een klein schip. En een DVI die veel wordt gebruikt, heeft per gereduceerde kg VOS-emissie natuurlijk een veel beter rendement dan een DVI die nauwelijks wordt gebruikt.

Om de berekeningen simpel en transparant te houden zullen we daarom in het onderdeel kosten vooral met gemiddelden werken.

Voor het bepalen van de kosten van de schipper is gebruik gemaakt van het NEA rapport 'Onderzoek kosten per uur in de binnenvaart' (april 2003)<sup>42</sup>. In dit rapport wordt gewerkt met uurkosten, de totale operationele kosten voor een schipper per uur. Uit dit rapport hebben wij zelf de kosten gedestilleerd die een goede indicatie geven van de gemiddelde uurkosten en kosten per gevaren km voor de binnentankvaart. Deze analyse wordt uitgelegd in bijlage C. Tabel 19 geeft de geschatte kosten die wij hanteren in dit rapport.

Tabel 19 Overzicht van uurkosten stilliggen en kosten per gevaren kilometer (leeg en beladen)

	Uurkosten			Kosten per gevaren kilometer	
	Stilliggen	Leegvaart	Beladen vaart	Leegvaart	Beladen vaart
Materieel	58,9	58,9	58,9	2,9	3,9
Arbeid	81,4	81,4	81,4	4,1	5,4
Brandstof	0,0	31,5	46,5	1,6	3,1
Var. Onderhoud	0,0	6,7	7,4	0,3	0,5
<b>Totaal</b>	<b>140,3</b>	<b>178,4</b>	<b>194,1</b>	<b>8,9</b>	<b>12,9</b>

NB: Alle kosten in Euro's, prijsniveau 2001.

Uit deze tabel blijkt dat de arbeidskosten de belangrijkste kostenpost vormen in de benzinetankvaart. Dit betekent ook dat tijd een cruciale variabele is voor de tankvaart. Gegeven het feit dat een beladen schip ongeveer 15km/u vaart en een onbeladen schip 20km/u, geven de laatste twee kolommen van Tabel 19 de kosten per gevaren kilometer weer van een gemiddeld schip.

<sup>42</sup> Daarnaast zijn deze getallen gecheckt via de spaarzame informatie die beschikbaar was met de tabel 'Kostenverhoudingen' uit SPB, 2002.



## 6 Kosten en effecten van compatibiliteits- en dedicatievaart

### 6.1 Inleiding

Een manier om ontvluchten te voorkomen is om lading alleen via dedicatie- of compatibiliteitsvaart te vervoeren. De Europese industrie heeft zichzelf de verplichting gesteld om bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart niet vrij te ontgassen. Als alle lichters alleen dedicated of compatibel zouden varen, dan zou er niet vrij ontgast worden, en zou het mogelijke verbod op ontgassen kunnen worden geëffectueerd.

In dit hoofdstuk bepalen we in de paragrafen 6.2, 6.3 en 6.4 respectievelijk de omvang, de kosten en de mogelijke neveneffecten van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart voor het vervoer van UN1203. In paragraaf 6.5 kijken we vervolgens naar de effecten van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart bij de andere stofnummers.

### 6.2 Omvang van de maatregel

Vrij ontgassen vindt plaats voordat een schip wordt ingeladen. Meestal gebeurt dit zo snel mogelijk na het lossen, maar dat hoeft niet noodzakelijkerwijs. De vraag is dan ook wat de reikwijdte van het verbod op vrij ontgassen is. Dit is van belang voor het bepalen van de kosten: we willen immers in eerste instantie vooral de extra kosten bepalen van het invoeren van een verbod in Nederland en niet zozeer van het invoeren van een verbod op ontgassen in het gehele stroomgebied van de Rijn<sup>43</sup>.

Er zijn een aantal categorieën waarvoor we de kosten zouden kunnen bepalen:

- 1 Alleen de transporten binnen Nederland.
- 2 Alleen de transporten binnen en naar Nederland.
- 3 Alleen de transporten binnen en vanuit Nederland.

De eerste keuze ligt voor de hand: alle schepen die UN1203 binnen Nederland vervoeren vallen uiteraard onder een verbod. De kosten als gevolg van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart zullen in ieder geval voor deze categorie worden bepaald.

De tweede categorie omvat schepen die met lading naar Nederland varen en daar lossen. Deze schepen zullen, indien ze een niet-compatibele vervolglading willen inladen, ontgast willen worden. De vraag of de kosten van verplichte dedicatievaart nu bij Nederland of bij Duitsland terechtkomen hangt mede af van de locatie van hun vervolglading. Indien dit in Duitsland is, kan men stellen dat de kosten bij Duitsland terecht zouden moeten komen omdat daar het probleem van de niet-compatibiliteit optreedt.

De derde categorie omvat schepen die in Nederland laden en vervolgens naar Duitsland varen om daar te lossen. Wederom kan men stellen dat de

---

<sup>43</sup> Dit is vooral van belang om straks, in hoofdstuk 7, ons te kunnen beperken tot het plaatsen van DVI's in Nederland en niet in het hele stroomgebied van de Rijn, wat een veel uitgebreidere analyse zou omvatten die buiten het doel van deze studie ligt.

locatie van de vervolglading uiteindelijk bepaalt of de kosten aan Nederland of aan Duitsland moeten worden toegerekend.

De keuze die we hebben gemaakt is om in deze studie allereerst de kosten te bepalen voor alleen categorie (1): transport binnen Nederland. Aan de hand van de daar berekende reductiekosten per kg VOS, kunnen we vervolgens bekijken wat de totale kosten zouden zijn indien de kosten ook aan de andere categorieën zouden moeten worden toegerekend. Deze toerekening volgt in de afsluitende paragraaf 6.6.

Een ander belangrijk uitgangspunt bij het bepalen van de kosten van de maatregel is de vraag wat er gaat gebeuren met reizen waarbij thans nog wordt ontgast, terwijl dit strikt genomen niet noodzakelijk is. Uit hoofdstuk 4 bleek dat bij een aantal vaarten waarbij nu compatibel wordt gevaren nog steeds ontgast wordt. We gaan er vanuit dat dit niet langer zal gebeuren indien er in de toekomst een verbod op vrij ontgassen gaat gelden. De belangrijkste reden om nu wel te ontgassen bij het vervoer van een compatibele lading zijn de mogelijke wachttijden bij de inlaadpunten doordat er niet genoeg DVI-capaciteit aanwezig is. Die kosten zullen we straks bepalen als extra wachttijden. Een andere reden is dat de vervoerder bang is voor kwaliteitsverlies van zijn vervolglading. Dit is moeilijk in te schatten, los van de vraag of daar daadwerkelijk sprake van is. Dit effect laten we buiten beschouwing.

### 6.2.1 Aangepaste emissies bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart

De veronderstelling dat er bij de huidige compatibiliteitsvaart niet langer ontgast gaat worden resulteert in nieuwe emissiecijfers die hieronder gegeven worden.

Tabel 20 Aangepaste emissies onder de veronderstelling dat er niet langer wordt ontgast wanneer dat niet strikt noodzakelijk is

	Emissies uit	Emissies aangepast voor kostenberekeningen in Hoofdstuk 6 en 7.			
	Hoofdstuk 4	In NL en naar	In NL en vanuit	In NL	In, naar en van-
	NL	NL	NL		uit NL
	kton	kton			
UN1203	0,70	0,42	0,64	0,30	0,76
UN1268	0,16	0,13	0,27	0,04	0,36
UN3295	0,49	0,35	0,45	0,23	0,58
UN1114	0,08	0,08	0,10	0,03	0,15
UN1230	0,02	0,01	0,08	0,01	0,08
UN1993	0,11	0,09	0,10	0,08	0,11
UN2398	0,26	0,22	0,26	0,14	0,34
TOTAAL	1,81	1,31	1,90	0,83	2,38

Voor de andere stoffen, waarbij er geen compatibele vaarten mogelijk zijn volgens de compatibiliteitslijst, hebben we hierbij verondersteld dat alle *dedicated* vaarten straks zonder ontluchtingen worden uitgevoerd. Hiermee



blijkt dat de emissies direct met ongeveer een halve kiloton kunnen dalen indien er niet langer onnodig wordt ontvlucht<sup>44</sup>.

## 6.2.2 Aantal reizen waarbij niet langer ontgast kan worden

De omvang van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart kan worden geschetst aan de hand van een schematische omschrijving van compatibele vaart, waarbij een schip van A via B naar C vaart. A is het innamepunt van de lading. B is het lospunt, en eventueel het inlaadpunt van de vervolglading. C is het lospunt van de vervolglading, of het innamepunt van de vervolglading.

Dit onderscheid is van belang om in de volgende paragraaf op een juiste manier de extra kosten als gevolg van dedicatie- en compatibiliteitsvaart te kunnen bepalen.

Tabel 21 geeft hieronder voor de binnenlandse transporten van UN1203 een totaal overzicht van het aantal reizen. ABA staat voor reizen die van A vertrekken waarbij de vervolgreis weer in A eindigt (dezelfde gemeente)<sup>45</sup>. ABC staat voor reizen die van A vertrekken waarbij de vervolgreis in een andere gemeente dan A eindigen

De aanduiding 'V' (Vol) geeft aan dat bij de op AB volgende reis (B→C of B→A) de lading >0 is. In dat geval wordt *niet* gekeken naar de dááropvolgende reis (C→D).

De aanduiding 'L' geeft aan dat bij de op AB volgende reis de lading 0 (leeg) is, in dat geval wordt *wel* gekeken naar de dááropvolgende reis (C→D) om de lading van het schip te bepalen en te kijken of het uiteindelijk niet-compatibel vaart.

---

<sup>44</sup> Er is hiervoor mogelijk wel extra DVI capaciteit nodig, niet alleen voor grotere volumina maar ook voor verschillende types stoffen.

<sup>45</sup> Eventuele vaart tussen bijvoorbeeld de verschillende havens van Rotterdam wordt zo niet meegenomen. Uit de vergelijking van de kilometers tussen de heen en terugreis bij de AB'BA blijkt ook dat die niet gelijk zijn.

Tabel 21 Percentages van totaal transport van UN1203 binnen Nederland (totaal losgewicht 3,214 Mton)

Type		Alles (% gewicht)	Alles (% aantal reizen)	Gemiddelde afstand reis (km) A→B	Gemiddelde afstand vervol- reis (km) B→C of B B→A
Dedicatie	V, ABA	0,1%	0,5%	110	101
	V, ABC	0,5%	2,3%	109	117
	L, ABA	17,8%	16,1%	125	123
	L, ABC	9,1%	7,7%	153	129
Compatibel	V, ABA	1,2%	1,2%	108	105
	V, ABC	7,5%	14,1%	125	124
	L, ABA	33,0%	31,4%	129	127
	L, ABC	19,4%	15,9%	160	127
Niet comp	V, ABA	0,9%	0,7%	110	120
	V, ABC	1,2%	1,6%	106	120
	L, ABA	3,0%	2,9%	110	114
	L, ABC	5,4%	4,3%	159	145
Ontgast	ABA	0,3%	0,6%	103	98
	ABC	0,7%	0,8%	114	127

Noot: ontgast betekent dat de volgende reis zowel lading=0 als stof=0 heeft. We gaan er in het vervolg vanuit dat een schip wordt ontgast met als doel om op een vervolglading een niet-compatibele stof te vervoeren. Onduidelijk is daarbij of het daarbij om vrij ontgassen gaat.

De extra kosten in het geval van dedicatievaart zullen nu bij de schepen terecht komen die nu nog niet-compatibel varen op deze route. In het slechtste geval zullen alle niet-compatibele reizen moeten worden gesplitst bij een verbod: een schip dat lading X van A naar B vervoert, en een niet-compatibele vervolglading Y van B naar C, zal nu slechts alleen de lading X kunnen vervoeren. Een ander schip zal de lading Y moeten gaan vervoeren.

### 6.3 Kosten van de maatregel voor UN1203

De kosten van het alleen maar dedicatie- en compatibel varen zijn onder te verdelen in drie categorieën:

- 1 Extra vaarkilometers doordat alle niet-compatibele vaart niet langer gemaakt kunnen worden en er daardoor vaker leeg gevaren zal moeten worden.
- 2 Verlies aan logistieke efficiëntie doordat niet langer de meest efficiënte lading kan worden ingeladen en schepen minder vaak ladingen zullen lossen en dus minder opbrengsten per schip.
- 3 Extra wachttijden bij bestaande DVI's doordat die vaker gebruikt zullen gaan worden.

Hieronder zullen we deze kostencategorieën nader verklaren en een inschatting maken van de kosten die verbonden zijn aan deze categorieën.

#### 6.3.1 Extra vaarkilometers

Door het verbod op niet-compatibele vaarten zullen er extra reizen moeten worden gemaakt om dezelfde hoeveelheid lading te vervoeren. Aan de hand van Figuur 7 kunnen we het aantal extra reizen bepalen dat zal moeten worden uitgevoerd als gevolg van een verbod op vrij ontgassen. In deze figuur





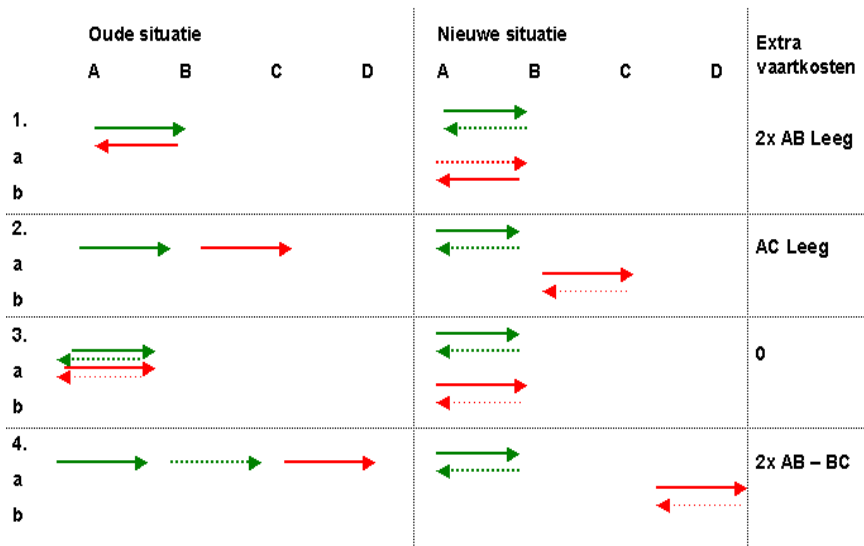
zijn 4 situaties onderscheiden, analoog aan alle niet-compatibele vaarten uit Tabel 21.

In de eerste situatie vaart het schip met wisselende lading tussen A en B. Zowel A als B zijn de inlaad- en lospunten. In dit geval zal de niet-compatibele vaart moeten worden uitgevoerd door 2 schepen die dedicatie varen in plaats van 1. Uit Figuur 7 valt dan te zien dat de extra vaarkosten tweemaal de afstand AB bedragen met een leeg schip.

In de tweede situatie vaart het schip, nadat het in B zijn lading heeft gelost, met niet compatibele lading naar C. Uit de figuur volgt dat dergelijke reizen voortaan door twee schepen zullen moeten worden uitgevoerd. De extra vaarkilometers betreffen dan een leegvaart over de afstand AC.

In de derde situatie vaart een schip met een lading naar B om vervolgens naar A terug te keren en een niet compatibele lading op te pikken en daarna naar een ander punt door te varen. In dit geval hoeven er geen extra vaarkilometers te worden gemaakt indien dit soort reizen door twee schepen worden uitgevoerd<sup>46</sup>.

Figuur 7 Extra vaarten als gevolg van dedicatie en compatibiliteitsvaart. Een volle vaart is een ondoorbroken lijn, een lege of ontgaste vaart is een stippellijn



Noot: Alle groene vaarten zijn van stof X, de rode vaarten met een andere niet-aan X compatibele stof

In de vierde situatie, tot slot, vaart een schip met lading X van A naar B om vervolgens leeg door te varen naar C en daar andere niet-compatibele lading in te laden en te vervoeren naar D. Aangezien de gemiddelde afstand CD per definitie gelijk is aan die van AB<sup>47</sup> zijn in dit geval de extra vaarkilometers synoniem aan 2x AB minus BC, zoals in Figuur 7 valt te zien.

<sup>46</sup> Wel kunnen er andere kosten verbonden zijn aan dit soort reizen, die worden in paragraaf 6.3.2 behandeld.

<sup>47</sup> CD is gelijk aan AB doordat we de database zo hebben opgesteld dat alle reizen worden vertaald naar een vaartschema tussen A, B en C. Een reis van C naar D, is dus gelijk aan een nieuwe reis van A naar B.

De totale kosten aan de hand van de extra vaarkilometers kunnen nu worden vastgesteld door uit te gaan van de kosten per gevaren kilometer uit Tabel 19 uit hoofdstuk 5.

Tabel 22 geeft hiervan het overzicht.

Tabel 22 Extra vaarkilometers als gevolg van dedicatie/compatibiliteitsvaart en de daarbij behorende kosten bij binnenlands transport van UN1203

Situatie		Aantal reizen	Km AB	Km BC	Extra vkms	Totaal extra kms	Kosten
1	V, ABA	18	110	120	2AB	3960	35.331
2	V, ABC	42	106	120	AC	9492	84.687
3	L, ABA	73	110	114	0	0	0
4	L, ABC	111	159	145	2AB - BC	19203	171.328
<b>Totaal</b>		<b>244</b>				<b>32655</b>	<b>291.345</b>

Hieruit volgt dat er jaarlijks ruim 32.000 km extra gevaren zal worden als gevolg van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Dat is ongeveer 7% van het totaal aantal jaarlijks gevaren kilometers ten behoeve van het transport van UN1203. De totale jaarlijkse kosten als gevolg van extra vaarkilometers zullen bijna € 300.000 bedragen bij volledige dedicatie- / compatibiliteitsvaart van UN1203 binnen Nederland.

Dit bedrag is een maximum omdat we hierbij de veronderstelling hebben gehanteerd dat de gevolgen van een verbod op niet-compatibel varen uitsluitend kan worden opgelost door de inzet van extra reizen. Door een logistieke reshuffling van de bestaande vaarten zou natuurlijk niet elke in Figuur 7 onderscheiden extra vaart ook daadwerkelijk plaats hoeven te vinden. Bijvoorbeeld, in situatie 1 kan een schip wekelijks tussen A en B varen waarbij bij A UN1203 wordt ingeladen en bij B UN3295. Als er een ander schip bestaat dat bij A UN 3295 inlaadt en bij B UN1203, dan zou een reshuffling van het bestaande vaartschema betekenen dat beide schepen voortaan dedicated kunnen varen zonder dat er extra vaarkilometers tot stand komen.

Een dergelijke reshuffling zal extra worden gestimuleerd doordat de relatieve prijzen van transport van de verschillende brandstoffen zullen veranderen. Daarom kunnen er op het bovenstaande bedrag voordelen worden behaald door logistieke verschuivingen in de inzet van schepen. In het uiterste geval zouden dan ook de totale jaarlijkse kosten gelijk kunnen zijn aan 0: alle extra eisen worden dan opgevangen door een herschikking van de logistiek van de vervoerders. Dit is echter niet erg waarschijnlijk. Nu is het ook al voordeliger voor een vervoerder om dedicated te varen omdat de kosten van het inladen dan kleiner zijn en er niet ontgast hoeft te worden. Daarom kunnen we veronderstellen dat de huidige vaart reeds tot op zekere hoogte geoptimaliseerd is en vermoeden we dat de daadwerkelijke kosten dichterbij de buurt van de € 300.000 liggen dan in de buurt van de 0.

In het kader van dit onderzoek valt niet te bepalen hoe groot de eventuele efficiency winst zal bedragen. We gaan daarom in het volgende vanuit dat in het maximale scenario de kosten ruim € 1 miljoen bedragen en dat er in het 'minimale' scenario een efficiencywinst behaald wordt van 20%, en dat de totale kosten daar dus gelijk zijn aan ongeveer € 240.000.



### 6.3.2 Kosten als gevolg van verlies aan opbrengsten

In het voorgaande hebben we geconcludeerd dat er jaarlijks ongeveer 7% meer kilometers zullen worden gevaren door verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Er zijn nu twee mogelijkheden:

- 1 De extra vaarten worden gedaan door inzet van meer benzineschepen.
- 2 De extra vaarten worden gedaan door bestaande schepen.

Als de extra vaarten zullen plaatsvinden met meer boten, zal de huidige efficiency van de tankvaart omlaag gaan. Enerzijds komt dit doordat er meer leeg gevaren zal worden, en daarvoor is in de vorige paragraaf gecorrigeerd. Anderzijds komt dit doordat de beladingsgraad afneemt (het aantal lossingen per schip zal afnemen) waardoor het bedrijfsresultaat van de binnenvaart verslechtert<sup>48</sup>. Er komen immers minder opbrengsten binnen terwijl de vaste exploitatielasten van het schip en de administratie blijven bestaan.

Op basis van Tabel 4 uit hoofdstuk 3 komen we tot de volgende inschatting van de effecten van het vervoeren van extra ladingen met extra schepen.

Tabel 23 Overzicht van effecten dedicatie/compatibiliteitsvaart op het bedrijfsresultaat van vervoer van benzine binnen Nederland

Totaal vervoerde benzine in ton (2002)	2.294.400
Bedrijfsresultaat per ton	0,51
Extra ladingen als gevolg van ded/comp. vaart ton	240.912
Verlies op bedrijfsresultaat	123.994

Noot: Gegevens: AVV, eigen berekeningen op basis van gegevens Tabel 21 en Tabel 4.

Hieruit blijkt dat het bedrijfsresultaat vermoedelijk ongeveer € 120.000 minder zal worden voor het vervoer van benzine *binnen* Nederland doordat er per schip minder lading wordt opgepikt. Dit kan worden gekenmerkt als extra kosten als gevolg van dedicatie- / compatibiliteitsvaart.

Dit getal is om twee redenen een maximum scenario. Allereerst doordat verondersteld wordt dat er geen efficiencywinst zal plaatsvinden en dat door een reshuffling van het vaartschema er additionele voordelen kunnen worden behaald. Net als in paragraaf 6.3.1 veronderstellen we dat een maximum efficiencywinst van 20% op de langere termijn haalbaar is. Ten tweede kunnen er nog voordelen ontstaan als bestaande schepen meer gaan varen. De recente laagwaterstanden lieten zien dat de gevaren kilometers verdubbelden, terwijl de beladingsgraad met slechts 15% afnam<sup>49</sup>. Daarom kan men veronderstellen dat een groot deel van de extra gevaren lege kilometers daadwerkelijk met de bestaande vaart kan worden afgehandeld en dat er geen inzet van nieuwe schepen nodig is. We veronderstellen daarom dat in het minimumscenario 70% van de extra gevaren kilometers met de bestaande schepen kan worden afgehandeld. In totaal komen we dan voor het minimumscenario uit op een totaal van 10% van het maximumscenario.

<sup>48</sup> *Beladingsgraad* is een cijfer dat de verhouding aangeeft tussen het laadvermogen van een schip en het vervoerde gewicht. De gemiddelde beladingsgraad wordt bepaald door het laadvermogen van alle beladen schepen en hun totaal vervoerd gewicht.

<sup>49</sup> Zie: <http://www.vaart.nl/vracht/vrachtindicator.htm>.

### 6.3.3 Kosten als gevolg van extra wachttijden bij de DVI

Verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart resulteren in een verhoogd gebruik van bestaande dampretour-DVI's. Doordat de DVI gebruikt wordt tijdens het inladen kost het gebruik van een dampretour-DVI geen extra tijd in vergelijking met een normale laadprocedure.

Een belangrijkere vraag is echter hoeveel extra *capaciteit* nodig is voor dampverwerking bij dampretour van compatibele vervolglading. Op dit moment geven sommige verladers aan, dat ze niet genoeg capaciteit hebben om een compatibele vervolglading altijd met aansluiting op de dampretour en DVI te laden, omdat deze al bezet is voor het laden van een dedicatie-vervolglading. Andere verladers zeggen echter dat er bij hun nooit wachttijden zijn. Het is ingewikkeld om hier een algemeen geldende waarheid op los te laten. Met softwareprogramma Q 1.0 is doorgerekend wanneer er - vanuit de theorie - überhaupt wachttijden zouden kunnen ontstaan bij de benzinevaart. Dat is het geval als:

- 1 De bedrijfstijd van de grootste installaties substantieel lager is dan 7.000 uur per jaar (20 uur per dag, 350 dagen per jaar). Indien winkelsluitingstijden zouden worden aangehouden is het bijvoorbeeld denkbaar dat er grote wachttijden ontstaan.
- 2 Het aantal steigers waarbij dampretour-DVI's zijn geplaatst kleiner is dan 10. Dit is niet het geval want er zijn in Nederland 56 inlaadpunten waarvan de grootste in ieder geval een dampretour-DVI hebben.
- 3 Schepen een specifieke voorkeur hebben voor inladen op een bepaald tijdstip, bijvoorbeeld in vroege de avond.
- 4 Er grote verschillen bestaan in de grootte van de inlaadinstallaties en er bij de grootste slechts 1 schip tegelijkertijd kan aanleggen.

Deze zaken onderzoeken zou een apart onderwerp van studie zijn en dit wordt hier dan ook niet behandeld. Wel kunnen we concluderen dat wij verwachten dat de huidige wachttijden gemiddeld nogal klein zijn. Als we veronderstellen dat de kans dat een schipper in de huidige situatie een uur moet wachten ongeveer 20% is, kunnen we concluderen dat de gemiddelde wachttijd ongeveer 12 minuten is<sup>50</sup>.

De verwachting is nu uiteraard dat dit zal stijgen in de toekomst doordat meer schepen zullen moeten worden ontgast. Rekening houdend met de ontluichtingspercentages in paragraaf 4.5 en de transportgegevens van de AVV bepalen we dat op dit moment jaarlijks 1.416 schepen gebruik maken van een dampretour-DVI bij dedicatie of compatibiliteitsvaart van UN1203. Indien er een verbod op ontgassen zou gelden in 2002, zouden er in totaal 1.844 schepen gebruik moeten maken van een dampretour-DVI. Dit houdt in dat ook bij alle compatibele vaarten gebruik moet worden gemaakt van een dampretour-DVI en dat de niet-compatibele compatibel of dedicatie worden uitgevoerd.

Gebruik makend van de simpele wachtrijtheorie valt te berekenen dat de gemiddelde wachttijd dan kan gaan toenemen tot ruim 32 minuten per schip. Dit komt neer op een toename van 20 minuten wachten per schip. Rekening houdend met de € 140 kosten per uur voor wachttijd, zoals in paragraaf 5.3

---

<sup>50</sup> Deze situatie komt overeen met een theoretische situatie waarin inladen mogelijk is bij vijf grote inlaadpunten en een bedrijfstijd van 7.000 uur wordt gehanteerd en de schippers geen voorkeur hebben voor inladen op een bepaald tijdstip of bij een bepaalde haven. Deze situatie kan model staan voor de situatie in Rotterdam. We gaan hierbij dus uit van een M|M|c proces, waarbij c gelijk is gesteld aan 5.



bepaald, worden de extra kosten voor al deze 1.844 keren dat er wordt ingeladen bij een dampretour-DVI dan ruim € 86.000 per jaar.

Dit is echter een maximumvariant omdat bij het berekenen ervan uit werd gegaan dat er in Rotterdam slechts 5 inlaadpunten zijn met dampretour-DVI's. Indien er meer dan 10 inlaadpunten met dampretour-DVI's zijn met een operationele tijd van ongeveer 7.000 uur per jaar, en de kans dat schippers gelijktijdig aankomen normaal verdeeld is over de dag, dan kunnen we veronderstellen dat de minimumkosten gelijk zijn aan 0<sup>51</sup>.

### 6.3.4 Samenvattend overzicht kosten UN1203

Nu we de drie kostencategorieën hebben bepaald, kunnen we de totale kosten berekenen. Tabel 24 geeft het overzicht van deze kosten en van de kosteneffectiviteit per gereduceerde kg VOS. Uit deze tabel blijkt dat de jaarlijkse kosten variëren tussen de € 250 en 500 duizend. Daarmee is dedicatie- en compatibiliteitsvaart een kosteneffectieve strategie om VOS te reduceren als gevolg van vervoer van UN1203 door de binnenvaart. Per kg gereduceerde VOS komt dat immers neer op kosten tussen de € 0,8 en 1,7 per kg. Uit het CE-onderzoek (CE, 2001) naar kosten van maatregelen om VOS te reduceren in de industrie blijkt dit een van de goedkoopste maatregelen.

Tabel 24 Totale jaarlijkse kosten (in 1.000 €) en kosteneffectiviteit van gedwongen dedicatie/compatibiliteitsvaart

	Maximum	Minimum	Gemiddeld
Extra gevaren kilometers	291,3	233,1	262,2
Verlies aan opbrengsten	124,0	12,4	68,2
Extra wachttijden	86,2	0,0	43,1
Totaal	501,5	245,5	373,5
VOS gereduceerd (kton)	0,3	0,3	0,3
VOS-reductiekosten (€ per kg)	1,7	0,8	1,2

In deze tabel vinden we ook de gemiddelde kosten. De gemiddelde kosten per kg VOS zijn gelijk aan 1,2 € per kg. Dit getal hanteren we in onze verdere berekeningen.

De totale kosten worden uiteraard groter als niet alleen het vervoer binnen Nederland, maar ook het vervoer naar Nederland onder het verbod komt te vallen en deze kosten ook worden toegerekend aan het invoeren van deze maatregel. Tabel 25 geeft inzicht in de totale kosten van dedicatie- en compatibiliteitsvaart voor diverse soorten van vaarten, waarbij gebruik is gemaakt van de reductiekosten per kg VOS uit Tabel 24 en Tabel 20.

<sup>51</sup> Een andere vraag is of aanwezige installaties geschikt zijn voor dampverwerking bij compatibiliteitsvaart. Op dit moment is dampretour en dampverwerking alleen verplicht bij dedicatievaart. De daarvoor veel gebruikte DVI's zijn dus in principe ontworpen voor benzine (UN1203). In hoeverre deze kunnen worden ingezet als de vervolglading bijvoorbeeld UN1268 is, is niet geheel duidelijk; in de meeste gevallen lijkt dit echter wel technisch haalbaar zonder (grote) aanpassingen aan de installaties. Als een VPS (verbrandingsmotor) gebruikt wordt voor dampverwerking kunnen in ieder geval wel zeer verschillende dampen worden verwerkt. We gaan er in deze studie vanuit dat er eventueel kleine aanpassingen aan de afstelling van bestaande DVI's nodig zijn maar dat deze niet tot een grote extra kostenpost leiden als ook compatibele vaarten aan een DVI worden gelegd.

Tabel 25 Totale jaarlijkse kosten (in 1.000 €) voor verschillende omvang van het verbod

	Maximum	Gemiddeld	Minimum
Binnen Nederland	501,5	373,5	245,5
Binnen en naar Nederland	709	528	347
Binnen en van Nederland	1.071	797	524
Binnen, naar en van Nederland	1.278	952	625

Hieruit blijkt dat de totale jaarlijkse kosten kunnen toenemen tot ongeveer € 1,2 miljoen in het maximale geval wanneer de kosten worden toegerekend aan al het transport binnen, naar en van Nederland en de maximale kosten-schatting wordt gehanteerd. Overigens kunnen de daadwerkelijke kosten hoger zijn in de maximumvariant want de wachttijden zullen niet lineair toenemen met het aantal toegenomen vaarten.

## 6.4 Neveneffecten als gevolg van de maatregel

Dedicatie- en compatibiliteitsvaart zullen meer effecten hebben dan alleen een toename van het aantal gevaren kilometers, een verlaging van de opbrengsten van transport van benzine en extra wachttijden voor de schippers tijdens het inladen. In deze paragraaf gaan we kort in op enkele voor de hand liggende effecten.

### 6.4.1 Effecten op de veiligheid

Volgens AVIV (1999) heeft dedicatie- / compatibiliteitsvaart geen direct aanwijsbare veranderingen met betrekking tot de veiligheid. Schepen die VOS-houdende producten vervoeren kennen namelijk altijd explosiegevaar, of ze nu ontgast zijn of niet. Zo stelt het AVIV dat ook na ontgassen de damp in de tanks weer explosief kan worden. Speciaal na het nalenzen is het niet onwaarschijnlijk dat er explosieve damp in de tanks zit. Het nalenzen verhoogt namelijk dit gevaar, omdat de damp zonder nalenzen waarschijnlijk boven de UEL zou liggen. Daarom kan bij meer dedicatie- / compatibele vaart (met lege niet ontgaste terugreizen) het explosiegevaar zowel groter als kleiner worden, afhankelijk van de dampdruk van het type benzine.

Ook in een rapport, door het Duitse onderzoeksbureau PTB (2002), is als voorbereiding op de Duitse implementatie van de EU richtlijn 94/63 het explosiegevaar bij niet-ontgaste schepen bepaald. Behalve naar explosieve damp tijdens het varen is ook gekeken hoe lang de damp tijdens het ontgassen explosief is, want daarbij moet de concentratie immers door het explosieve gebied heengaan. De volgende situaties zijn bekeken:

- tijdens het lossen een inert gas laten instromen;
- tijdens het lossen benzinedamp uit opslag terugvoeren;
- tijdens het lossen benzine insproeien;
- het achterlaten van vloeistof in de tanks;
- dubbelwandig transporteren;
- ontgassen aan de DVI op de wal.

Direct na het lossen werden metingen uitgevoerd op verschillende hoogtes in de ladingtanks. Hieruit bleek:

- zonder gasterugvoer (dus luchtinvoer) is dampconcentratie gemiddeld 9-14%. Boven in de tanks is dat dus tussen de explosiegrenzen. Explosie-



- ve damp aanwezig tot 12 uur na het einde van het lossen (zonder ontgassen);
- met gasterugvoer is de dampconcentratie gemiddeld rond de 30%. Bovenin de tank is dat 20%, d.w.z. boven UEL (veilig). Alleen voor winterbenzine en koud weer soms tussen de explosiegrenzen.

De conclusie is dat er altijd een mogelijkheid dat er explosieve damp aanwezig is in de tanks, ongeacht of er wordt ontgast of niet. De explosiedruk hiervan is niet altijd erg groot en bovendien is de kans op een fatale botsing ook erg klein, dus het risico is uiteindelijk is, vermoedelijk, erg klein. Door dedicatievaart van UN1203 neemt het totale aantal leeg gevaren kilometers toe met 7% en ook dat is niet een heel erg groot aandeel in de totale vaart. Daarom concluderen we dat de effecten op een verandering in de veiligheid van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart waarschijnlijk verwaarloosbaar zijn. Het zou aanbeveling verdienen om dit met een formele risicoanalyse te bepalen, waarbij ook wordt gekeken naar de kans op mogelijke incidenten. Op dit moment vindt er in Nederland een onderzoek door Haskoning plaats naar de eventuele veiligheidsrisico's van het varen van lege ontgasteschepen. Mogelijkerwijs komen daar nieuwe gegevens naar boven die hier niet zijn genoemd.

#### 6.4.2 Effecten op het milieu

andere vervuillende stoffen die ontstaan als gevolg van binnentankvaart. De totale toename van het aantal leeg gevaren kilometers is ongeveer 7%. Dit impliceert in totaal een toename van de emissies van CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> van ongeveer 5%, rekening houdend met minder brandstofverbruik bij leegvaart dan bij volledige vaart. Dit lijkt, in eerste instantie, substantieel maar is het niet zozeer, juist doordat de benzinetankvaart slechts 10% van de totale binnentankvaart uitmaakt. In paragraaf 6.5.5 geven we een inschatting voor de toename van deze stoffen, niet alleen bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart, maar ook bij vervoer van de andere stofnummers. Daaruit blijkt ook dat de effecten op het milieu gering zijn.

#### 6.4.3 Effecten op kwaliteit van beladingen

Door sommige betrokken wordt beredeneerd dat op grond van kwaliteitseisen van dedicatie- en compatibiliteitsvaart afgeweken kan worden, zelfs als het om compatibele stoffen gaat. Als kwaliteitseisen wordt bijvoorbeeld het zwavelgehalte<sup>52</sup> genoemd of de verschillende specificaties van zomer- en winterbenzine. Het gaat hier dan bij zowel voor- als vervolglading om UN1203, maar uit verschillende interviews kwam naar voren dat men deze niet altijd zonder ontgassen 'op elkaar' wil laden, hetzij vanwege verschillend zwavelgehalte of verschillend vlampunt, in het geval van zomer- en winterbenzine. De verschillen in precieze samenstelling zouden de kwaliteit van de (vervolg)lading verminderen, door vervuiling met bijvoorbeeld teveel zwaveldeeltjes of met een vluchtiger stof.

Dit zou betekenen dat de totale kosten *hoger* kunnen zijn dan hierboven ingeschat. Immers, ook een deel van de nu als compatibel geboekte lading zal dan niet daadwerkelijk zonder ontgassen kunnen plaatsvinden. Daarbij maken we echter de kanttekening dat het onwaarschijnlijk is dat de gewichtshoeveelheid lading in het ruim na het lossen meer dan 0,1% bedraagt en dat

<sup>52</sup> De wettelijke specificaties zijn echter in Nederland voor alle benzines, gasolie en diesel 10ppm.

het dus onwaarschijnlijk is dat verschillen in zwavelgehalte een invloed hebben op het totale zwavelgehalte van de vervoerde benzine.

We vermoeden daarom dat er andere redenen zijn waarom er nu toch ontgast wordt bij compatibele vaart en dat kan liggen aan eventuele wachttijden bij een bestaande dampretour-DVI. Deze kosten hebben we echter meegenomen in onze analyse van de kosten van verplichte dedicatie- / compatibiliteitsvaart waarbij we ook de kosten hebben bepaald van de extra wachttijden doordat alle schepen die nu compatibel varen en toch vrij ontgassen dat straks aan de DVI zullen moeten gaan doen.

## **6.5 Kosten van uitbreiding naar andere stoffen**

In het bovenstaande hebben we gekeken wat de kosten voor het transport van UN1203 zou zijn indien er voortaan een verbod op ontgassen zou bestaan. In deze paragraaf gaan we bekijken wat de effecten zouden zijn indien het verbod op ontgassen zou worden uitgebreid naar andere stofcategorieën en dat verbod zou worden ingevuld met dedicatie- en compatibiliteitsvaart.

In de meeste gevallen zal het hierbij gaan om pure dedicatievaart aangezien de meeste stofnummers niet compatibel zijn met andere stoffen.

De analyse in deze paragraaf zal iets grover zijn dan in de paragrafen rond de bepaling van de kosten bij benzine. Het gaat hierbij meer om een inschatting van de orde van grootte van kosten. Anderzijds hopen we hier te bepalen welke stoffen nu wel en welke stoffen niet kostenefficiënt onder een uitbreiding van het verbod kunnen vallen. Hiertoe berekenen we opnieuw de reductiekosten per kg VOS uit en vergelijken die met vergelijkbare maatregelen die in het kader van het VOS-beleid in de industrie worden getroffen.

We gaan hieronder opnieuw de kosten bepalen als gevolg van lege vaarkilometers, verlies aan opbrengsten en eventuele extra wachttijden.

### **6.5.1 Kosten als gevolg van lege vaarkilometers**

De database van de AVV hebben we opnieuw bestudeerd om analoog aan Figuur 7 uit paragraaf 6.3 te bepalen hoeveel extra vaarkilometers er zouden worden gemaakt indien voortaan besloten wordt dat er alleen nog maar dedicatie / compatibel gevaren mag worden.

Omdat het vergaren van de precieze onderverdeling naar de vier situaties in Figuur 7 een zeer tijdrovende aangelegenheid is, hebben we besloten om deze vier situaties in te perken tot een tweetal situaties:

- 1 Volle vaart waarbij eerst van A naar B wordt gevaren, in B nieuwe niet-compatibele lading wordt ingeladen waarmee dan naar een vervolgbestemming wordt gevaren (A of C). Dit komt overeen met situaties 1 en 2 in Figuur 7.
- 2 Lege vaart, waarbij eerst vol van A naar B wordt gevaren, in B wordt gelost en vervolgens naar een vervolgplaats wordt gevaren waarbij nieuwe niet-compatibele lading wordt ingeladen. Dit komt overeen met situaties 3 en 4 in Figuur 7.

Dit onderscheid naar deze twee situaties komt grotendeels overeen met de mogelijke kosten die in situaties 1 en 2 min of meer gelijk zijn en verschillend van die in situaties 3 en 4. Een nadeel van dit onderscheid is dat situaties 3





en 4 niet langer apart bepaald kunnen worden. We gaan er daarom van de volgende vuistregel uit: Situatie 3 treedt in 40% van de niet-compatibele vaarten met lege vaart tussen B en de vervolgsplaats op, en situatie 4 doet zich in 60% van de reizen voor. Deze onderverdeling is gelijk aan die bij UN1203 en een oppervlakkige beschouwing van de gegevens van AVV leert ons dat dit een redelijke schatting kan zijn.

Verder kiezen we bij het verschil in afstanden tussen situaties 1 en 2 voor situatie 2, dus de bepalende afstand van de extra vaarkilometers bedraagt de afstand AC. Daarbij merken we op dat het verschil tussen 2xAB en AC verwaarloosbaar is.

Gebruik makend van deze vuistregel komen we tot de volgende schatting van de extra lege vaarkilometers die moeten worden gemaakt als gevolg van een verbod op niet-compatibel varen.

Tabel 26 Kosten van extra vaarkilometers als gevolg van gedwongen dedicatie- en compatibiliteitsvaart

UN-nr	Traject BC	Aantal reizen	AB (kms)	BC of BA (kms)	Schema	Extra vaarkms	Kosten
1268	Vol	44	114	115	AC	10.110	90.197
	Leeg	63	121	121	0.6*(2ab-bc)	4.541	58.770
1230	Vol	12	215	193	AC	4.895	43.673
	Leeg	21	273	247	0.6*(2ab-bc)	3.761	48.676
3295	Vol	105	100	120	AC	23.128	206.347
	Leeg	229	164	139	0.6*(2ab-bc)	26.050	337.113
1993	Vol	187	180	131	AC	58.230	519.522
	Leeg	111	154	131	0.6*(2ab-bc)	11.830	153.093
2398	Vol	51	177	154	AC	16.905	150.821
	Leeg	119	157	139	0.6*(2ab-bc)	12.425	160.793
1114	Vol	41	119	126	AC	10.044	89.613
	Leeg	32	165	150	0.6*(2ab-bc)	3.446	44.601
<b>Totaal</b>		<b>1015</b>				<b>185.366</b>	<b>1.903.218</b>

Noot: Schema bevat hier een schematische voorstelling uit Figuur 8 voor de inschatting van de extra lege vaarkilometers als gevolg van dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Voor uitleg, zie tekst.

Uit deze analyse blijkt dat de totale kosten van extra vaarkilometers als gevolg van gedwongen dedicatie- en compatibiliteitsvaart bij de andere stofnummers ongeveer € 1,9 miljoen gaat bedragen. Deze kosten zijn aanzienlijk hoger dan bij het vervoer van UN1203. Dat komt doordat bij de andere stofnummers er veel minder dedicated of compatibel wordt gevaren dan bij UN1203.

Dit is wederom een maximumscenario waarbij ervan uit wordt gegaan dat er geen efficiencywinsten te behalen vallen als gevolg van een logistieke efficiencyslag. Net als in het geval van UN1203, veronderstellen we dat er op termijn een efficiencywinst van ongeveer 20% realiseerbaar is in een minimumscenario.

## 6.5.2 Kosten als gevolg van verminderde opbrengsten

Analoog aan de beschrijving in paragraaf 6.3 zal ook hier de inzet van extra schepen leiden tot verminderde opbrengsten van de bestaande vloot. Op basis van Tabel 4 in hoofdstuk 3, komen we tot de volgende inschatting van de gehele markt voor VOS-houdende producten in Nederland, minus UN1203 (benzine).

Tabel 27 Financieel resultaat tankvaart, benzinetankvaart en vaart van andere VOS-houdende producten

	Tankvaart	Benzinevaart	Andere VOS- producten	
	Totaal	Totaal	Totaal	Binnenlands
Vervoerde goederen	71*	7,2	10,2	2,3
Bedrijfsopbrengsten	233	23,6	33,3	7,5
Bedrijfsresultaat	34,5	3,5	4,9	1,1
Resultaat per ton	0,51	0,51	0,51	0,51

Noot: \*betreft inschatting voor 2001, niet 2002. Deze tabel is verkregen door de gegevens van 1999 te extrapoleren tot 2002 gebruik makend van een vaste verhouding van 0,51 tussen vervoerde tonnen en het bedrijfsresultaat.

Uit deze tabel blijkt dat de binnenlandse markt voor het vervoer van de andere stoffen relatief klein is: veel van de andere UN-nummers worden naar het buitenland vervoerd.

Op basis van deze tabel kunnen we nu bepalen wat de extra kosten zijn als gevolg van de verminderde opbrengsten. Tabel 28 geeft het resultaat per stofnummer.

Tabel 28 Overzicht van het verlies aan opbrengsten als gevolg van dedicatie/compatibiliteitsvaart

UN	Verlies ladingen (ton)	Bedrijfsresultaat/ton	Verlies resultaat
1268	170.608	0,51	87.010
1230	41.840	0,51	21.338
3295	602.852	0,51	307.455
1993	391.327	0,51	199.577
2398	238.027	0,51	121.394
1114	131.389	0,51	67.008
<b>Totaal</b>	<b>1.576.043</b>		<b>803.782</b>

In totaal blijkt hieruit dat maximaal ruim € 800.000 kan worden verwacht als gevolg van verminderde opbrengsten doordat meer schepen de ladingen vervoeren. Dit is wederom aanzienlijk meer dan bij het vervoer van UN1203. Dat komt doordat bij de andere stofnummers er veel minder dedicated of compatibel wordt gevaren dan bij UN1203.

Ook dit is weer een maximumscenario dat niet bewaarheid hoeft te worden als we uitgaan van een mogelijke efficiencywinst van ongeveer 20%. Daarnaast kan men, analoog aan de situatie bij UN1203, veronderstellen dat de mogelijkheid van bestaande schepen om extra kilometers te varen beduidend omhoog kan gaan. Hierbij veronderstellen we wederom een getal van



70% in het minimumscenario waarbij bijna tweederde van de extra vaarkilometers door bestaande schepen zal worden verricht zonder dat dit hun aantal lossingen zal doen afnemen. Daardoor veronderstellen we dat in het minimumscenario het verlies aan opbrengsten slechts € 80.000 zal zijn.

### 6.5.3 Kosten als gevolg van langere wachttijden

Ook bij het vervoer van andere stoffen kunnen er extra wachttijden ontstaan doordat veel meer schepen dedicated gaan varen. We verwachten dat dit effect echter verwaarloosbaar is doordat veel minder schepen deze stoffen vervoeren dan bij UN1203.

Daarnaast wijst niets er op dat zich op dit moment zich al wachttijden voordoen bij het verladen van andere stoffen dan UN1203. Deze kans is ook vrij klein: voor een aantal stoffen is het aantal dedicatievaarten zo gering dat de vraag gerechtvaardigd lijkt of er überhaupt al een DVI aanwezig is op die locaties. Dat zou impliceren dat er op die locaties alsnog een DVI moet worden gebouwd.

Een voorzichtige schatting van de wachttijden is wederom aan de hand van de software Q 1.0 bepaald<sup>53</sup>. Omdat voor ons de in- en uitlaadpunten van deze andere stoffen niet precies bekend zijn, is hierbij verondersteld dat er in de minimumvariant drie belangrijke inlaadpunten met DVI's zijn en in de maximumvariant van de wachtkosten slechts 1 inlaadpunt. Voor UN1230 is er zowel in de maximum als in de minimumvariant gerekend met slechts 1 inlaadpunt (Eemshaven) en bij UN3295 is er - door de grotere verscheidenheid aan stoffen - gerekend voor de maximum en minimumscenario's met respectievelijk 2 en 4 inlaadpunten met DVI in Nederland. Vervolgens is er ook aangenomen dat er bij deze grootste inlaadpunten 20 uur per dag, 350 dagen per jaar kan worden ingeladen.

Tabel 29 geeft een overzicht van de geschatte wachttijden aan de hand van de wachttijdtheorie. Hierop zou nog in mindering moeten worden gebracht de wachttijden die nu al optreden, maar door de geringe hoeveelheid schepen die thans ontgast worden zijn deze te verwaarlozen.

---

<sup>53</sup> Waarbij we zijn uitgegaan dat de wachttijd een M|M|c proces betreft. Een preciezere schatting kan worden verkregen door deze probabilistisch uit te voeren maar aangezien we hier slechts een indicatie van de kosten willen verkrijgen is dat niet gebeurd. Zie: <http://www.win.tue.nl/cow/Q/html/queues.html>.

Tabel 29 Schatting van de wachttijden voor andere stoffen

UN	Aantal Ontgassing NU per jaar	Jaarlijkse- Ontgassing- en bij Dedicatie	Tijd inladen (uur)	Bezettings graad*	Minimum Wachttijd	Maximum Wachttijd	Minimum Kosten €	Maximum Kosten €
1268	88	220	3.5	0.11	0.01	0.14	309	4.320
1230	7	107	3.5	0.05	0.03	0.03	450	450
3295	157	522	3.5	0.26	0.12	0.90	8.786	65.891
1993	39	328	3.5	0.16	0.03	4.45	1.380	204.715
2398	7	185	3.5	0.09	0.01	1.60	156	41.515
1114	3	107	3.5	0.05	0.00	0.74	45	11.105
Totaal							11.125	327.997

\* Dit is de tijd dat een schip gebruikt maakt van een DVI, waarbij we ervan uit zijn gegaan dat er slechts 1 DVI zou bestaan die alle schepen moeten ontgassen. Aannames: kosten per uur stilliggen 140,3 Euro; tijd inladen 3,5 uur.

Uit deze analyse blijkt dat de verwachte wachttijden bij een gemiddelde inlaadtijd van 3,5 uur en kosten van € 140 per uur voor stilliggende schippers (zie paragraaf 5.3), niet hoger zullen zijn dan ongeveer € 330.000. In een minimumvariant waarbij er meer dan 1 installatie aanwezig is dalen de kosten snel tot een verwaarloosbare € 11.000 voor de gehele binnenvaart.

#### 6.5.4 Totale kosten uitbreiding met andere stoffen

Samenvattend komen we tot Tabel 30 waarin alle drie de kostencategorieën zijn samengevat voor een maximumvariant.

Tabel 30 Maximumvariant totale kosten (in 1.000 €) als gevolg van dedicatie- en compatibiliteitsvaart uitbreiding tot alle UN-nummers voor binnenlandse vaarten

UN-nrs	1203	1268	1230	3295	1993	2398	1114	TOTAAL
Extra 1000 gevaren kms	291,3	149,0	92,3	543,5	672,6	311,6	134,2	2.194,6
Verlies aan opbrengsten	124,0	87,0	21,3	307,5	199,6	121,4	67,0	927,8
Extra wachttijden	86,2	4,3	0,5	65,9	204,7	41,5	11,1	414,2
Totaal	501,5	240,3	114,1	916,8	1.076,9	474,5	212,3	3.536,5
VOS gereduceerd (kton)	0,30	0,04	0,01	0,23	0,08	0,14	0,03	0,83
VOS-reductiekosten €/kg	1,7	6,3	13,4	4,0	13,0	3,3	7,3	4,3

Noot: \*De gereduceerde VOS is hierbij berekend als de VOS die zou ontstaan wanneer er niet langer ontlucht wordt bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart. De gegevens zijn ontleend aan tabel 19.

Uit deze analyse blijkt dat reductie van UN1203 relatief het goedkoopste is via verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart. De kosten per kg gereduceerde VOS is bij andere stofnummers minimaal twee keer zo hoog en bij UN1230 en UN1993 lijkt dedicatie- en compatibiliteitsvaart geen kosteneffectieve strategie om VOS te reduceren.

De totale kosten voor een verbod op ontgassen voor alle stofnummers bedraagt ruim € 3,5 miljoen per jaar. Dat is zeven maal zoveel als bij een verbod op UN1203 alleen.



Een overzicht van de VOS-reductiekosten per kg voor zowel de maximum, minimum als een gemiddelde variant is te vinden in Tabel 31. In de laatste kolom van deze tabel staan de gemiddelde kosten voor het vervoer van alle stoffen minus UN1230 en UN1993. We kunnen ons immers indenken dat deze stoffen niet onder een uitbreiding van het verbod gaan vallen omdat deze analyse aantoont dat dat tot hoge extra kosten zou leiden in verhouding tot de milieuwinst.

Tabel 31 VOS-reductiekosten in €/kg als gevolg van dedicatie- en compatibiliteitsvaart voor drie varianten

UN-nrs	1203	1268	1230	3295	1993	2398	1114	Totaal	Totaal*
Maximum variant	1,7	6,3	13,4	4,0	13,0	3,3	7,3	4,3	3,2
Minimum variant	0,8	3,4	9,9	2,0	6,8	1,8	4,3	2,3	1,7
Gemiddelde variant	1,2	4,9	11,7	3,0	9,9	2,6	5,8	3,3	2,4

Noot: \*het totaal als UN1230 en UN1993 niet onder het verbod zouden vallen.

Uit deze tabel blijkt dat de gemiddelde reductiekosten voor de niet UN1203 stofnummers variëren tussen de 2,6 en 11,7 €/kg. Indien UN1230 en UN1993 niet onder een verbod zouden vallen, worden de totale kosten voor alle ander stofnummers ongeveer 2,4 € per kg vermeden VOS. Dit is tweemaal zo hoog als bij een verbod op UN1203 alleen. Toch is met deze maatregel VOS redelijk goedkoop te reduceren in vergelijking met de kosten bij de industrie (zie CE, 2001).

Tot slot geven we ook nog de gemiddelde kosten per vaart weer voor alle stofnummers. Dit is van belang voor de analyse in het volgende hoofdstuk als we proberen te bepalen of schippers hun schip zullen ontgassen, of dat ze voor dedicatie- en compatibiliteitsvaart zullen kiezen.

Tabel 32 Gemiddelde extra kosten per geloste lading voor een schipper die nu niet-compatibel vaart maar straks dedicatie (of compatibel) moet varen

UN-nrs	Gemiddeld totaal	Aantal vaarten	Kosten per vaart
1203	373.666	244	1.531
1268	184.311	220	838
1230	99.468	107	930
3295	691.850	522	1.325
1993	817.555	328	2.493
2398	367.999	185	1.989
1114	168.762	107	1.577
Totaal	2.703.612	1.713	1.578

Uit deze tabel blijkt dat dedicatievaart per geloste vracht het goedkoopst is voor UN1268 en UN1230.

### 6.5.5 Effecten op het milieu

Gebruik makend van de tabel emissiefactoren binnenvaart uit ERBS (2002), en van het feit dat een gemiddeld benzineschip ongeveer 1.470 ton aan lading vervoerd, komen we tot Tabel 33 die weergeeft wat de effecten op het milieu zijn voor de extra lege vaarkilometers die moeten worden gemaakt.

Tabel 33 Effecten op andere prioritaire stoffen in het milieubeleid van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart (ton emissies) en milieukosten (€ in cursief)

UN-nrs	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
1203	1.681	31	2
1268	754	14	1
1230	446	8	0
3295	2.532	47	3
1993	3.607	66	4
2398	1.510	28	2
1114	695	13	1
Totaal	11.225	207	12
Schaduwprijs €/kg	0,05	4,30	4,80
Totale kosten €	561.259	888.881	56.535

Uit deze analyse blijkt dat er milieugevolgen zijn als gevolg van de extra gevaren kilometers. De CO<sub>2</sub>-emissies nemen bijvoorbeeld toe met 11,2 kton en dat is ongeveer 0,54% van de totale CO<sub>2</sub>-emissies van de binnengoederenvaart. Overigens is de toename als alleen UN1203 onder een verbod zou vallen veel geringer. De extra CO<sub>2</sub>-uitstoot vindt vooral plaats bij UN1993 en UN3295. Hierboven hadden we al geconcludeerd dat het waarschijnlijk niet kosteneffectief zou zijn om UN1993 onder het verbod te laten vallen: de analyse van de milieueffecten geeft opnieuw voedsel aan deze gedachte.

Om dit in perspectief te plaatsen hebben we de extra uitstoot gerelateerd aan de schaduwrijzen (zie voor uitleg: CE, 2002). Daaruit blijkt dat er eventueel een extra € 1,5 miljoen bij de hierboven berekende kosten zou moeten worden opgeteld als gevolg van extra milieu-uitstoot. Daarmee zouden de hier berekende reductiekosten met ongeveer 30% omhoog gaan.

### 6.6 Conclusies verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart

Concluderend kunnen we stellen dat verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart een kosteneffectieve strategie is om met name VOS-emissies als gevolg van het transport van UN1203 te reduceren. De reductiekosten liggen rond de 1,2 € per kg vermeden VOS en dat is laag.

Ook het vervoer van de andere stofnummers kan tegen relatief geringe kosten worden gereduceerd met dedicatie- en compatibiliteitsvaart, met uitzondering van twee stofcategorieën: UN1230 en UN1993.

De kosten in dit hoofdstuk gepresenteerd moeten met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. De uiteindelijke kosten zijn mede afhankelijk van hoe de binnenvaartmarkt reageert op een verbod op ontgassen. Bij de gemiddelde kosten, die we hier hebben berekend, zijn we van een kleine efficiencywinst uitgegaan (10%) doordat de kosten van het vervoeren van



lading die nu nog compatibel wordt vervoerd zullen toenemen. Daarnaast hebben we verondersteld dat de bezettingsgraad van schepen nu niet dermate hoog is dat zij geen tijd hebben om iets langer te varen. Indien dit niet het geval is, zijn de maximumkosten waarschijnlijker. Daarnaast kunnen de kosten ook lager uitpakken als meer vaarten compatibel worden uitgevoerd. In principe zijn bijvoorbeeld UN1114 en UN3295 ook compatibel, evenals UN1268 en UN1202. Indien deze vaarten ook daadwerkelijk compatibel zonder ontgassen zouden worden uitgevoerd, zouden de totale kosten weer lager zijn.





## 7 Kosten en effecten van het plaatsen van diverse soorten DIV's

### 7.1 Inleiding

Een DVI kan in verschillende uitvoeringen worden uitgevoerd. Essentiële verschillen betreffen:

- 1 De wijze waarop de lucht in het ruim wordt verversd en de damp wordt weggevoerd; kortom de wijze waarop het ruim wordt ontgast.
- 2 De manier waarop de vrijkomende VOS-houdende dampen worden verwerkt.

Elke DVI kan in principe met een combinatie van deze twee elementen worden vormgegeven maar in de praktijk zijn er vaste combinaties van technieken. Belangrijke criteria bij de wijze waarop het ruim wordt ontgast is de tijdsduur. Als het sneller gaat, hoeft het schip immers minder lang werkeloos stil te liggen. In feite bepaald hier de snelheid de totale kosten voor de schipper.

Bij de verwerking van de dampen spelen de kosten een belangrijke rol: sommige technieken kennen opbrengsten van bijvoorbeeld elektriciteit of benzine.

In de volgende paragrafen worden de mogelijkheden uitgelegd.

### 7.2 De wijze waarop het ruim wordt ontgast

Er zijn hier in principe drie technieken mogelijk die gelijk staan aan:

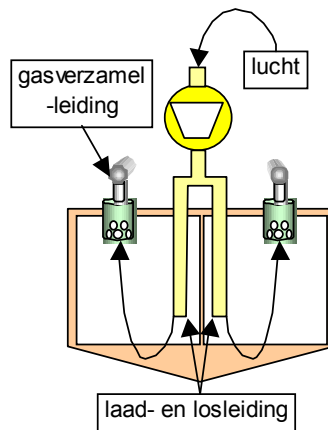
- ventilatie (de gangbare wijze tijdens de vaart);
- verdringing van de dampen (inblazen van lucht);
- evacuatie van de dampen (afzuigen van de dampen).

Een belangrijk criterium is hier de snelheid waarmee het schip van de dampen kan worden ontdaan. Indien het ruim namelijk sneller wordt ontgast, hoeft de schipper niet langer te wachten.

#### 7.2.1 Ventilatie

De gangbare manier van ontgassen is door met de scheepsventilator lucht in te blazen via de laad- en losleiding van de tank en de dampen af te zuigen via de aan de bovenkant van de tanks aangebrachte gasverzamelingen en ventilatoren.

Figuur 8 Schematische weergave bij ventilatie

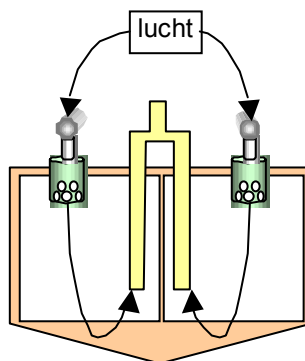


Door de invoer van lucht met hoge snelheid op één specifieke locatie treedt werveling op en wordt de atmosfeer in de tank steeds gemengd en deels gehomogeniseerd en worden de in de tank achterblijvende koolwaterstoffen steeds verdund. De concentratie in de tank neemt exponentieel af in de tijd. Door de niet optimale menging is er geen goede theoretische basis voor het berekenen het aantal malen dat de atmosfeer in het ruim moet worden ververst voordat de concentratie overal onder de 10% LEL ligt. In de praktijk blijkt het nodig de atmosfeer in het ruim 3 tot 6 maal te verversen voordat de concentratie in het ruim beneden de 10% LEL ligt. De verversingsnelheid bedraagt 50% - 200% van het laadruim volume.

### 7.2.2 Verdringing

Een tweede optie voor ontgassing zijn is om lucht gelijkmatig te introduceren via de gasverzamelleidingen en de damp op die manier uit het ruim te drukken.

Figuur 9 Schematische weergave bij verdringing via de gasverzamelleidingen



In principe biedt dit het voordeel dat het grootste deel van de damp geconcentreerder kan worden verwijderd. Menging met lucht zal naar verwachting in mindere mate optreden vanwege het verschil in dichtheid tussen lucht en

damp en omdat het punt waarop de damp het ruim moet verlaten aansluit bij het gegeven dat de damp veel zwaarder is dan lucht.

Deze manier van ontgassen is beproefd door de Physikalisch-Technische Bundesanstalt in een mede door het Nederlandse Ministerie van V&W ondersteunde project (zie [BMVBW]). Tijdens de door de Physikalisch-Technische Bundesanstalt uitgevoerde praktijkmetingen bleek dat het verwachte effect - het uit de tank drukken van VOS zonder menging met lucht - in bepaalde mate optreedt. Echter, het effect was bij deze proeven niet bijzonder groot: er was teveel vermenging om met deze techniek een echt voordeel te bieden ten opzichte van de gangbare techniek. De atmosfeer in het ruim dient nog steeds 3 maal te worden verversd om overal een VOS-concentratie van 10% LEL te krijgen. De verwachting van de Physikalisch-Technische Bundesanstalt is echter dat de techniek met geforceerde luchtinbreng via de gasverzamelleidingen nog verbeterd kan worden en de potentiële voordelen beter benut kunnen worden. De snelheid waarmee de atmosfeer in het ruim werd verversd bedroeg  $\pm 1,25$  maal per uur voor een groot schip van 3.000 m<sup>3</sup>. Dat zou neerkomen op een gemiddelde tijdsduur van ruim 3,5 uur en ongeveer 2,5 uur voor een schip van 2.000 m<sup>3</sup>.

### 7.2.3 Evacuatie

Een derde mogelijke techniek van ontgassing wordt door Qlear voorgesteld. Deze techniek bestaat eruit de damp via de laad- en losbuis af te zuigen en lucht via de onderdrukventielen toe te laten.

De door Qlear voorgestelde bedrijfsvoering is om eerst met een laag debiet te evacueren, zodat minimale menging met de via de onderdrukventielen in het ruim tredende buitenlucht optreedt en een geconcentreerde damp wordt verkregen. Qlear voorziet voor deze fase van de ontgassing een debiet van 25% van het ruimvolume.

Qlear gaat er van uit dat na verloop van tijd vanwege de natuurlijke gelaagdheid van de atmosfeer in het ruim de concentratie van VOS afneemt. Omdat het dan sowieso minder goed mogelijk is om een geconcentreerde VOS-stroom te isoleren wordt vervolgens het debiet verhoogd tot een hoogte waarbij één maal per uur de atmosfeer in het ruim wordt verversd.

Volgens Qlear kan met deze methode de concentratie in het ruim in principe met één keer of hooguit twee keer verversen onder de 10% LEL waarde worden gebracht. In de door Qlear uitgevoerde kostenberekeningen wordt echter uitgegaan van 3 keer verversen. De daarvoor benodigde tijd is door Qlear ingeschat op 8 uur per schip voor een groot schip van 3.000 m<sup>3</sup>. In deze studie hanteren we voor een gemiddeld schip van 2.000 m<sup>3</sup> een tijdsinzet van ongeveer 6 uur.

## 7.3 Verwerking van de dampen

Een tweede element van een DVI betreft de behandeling van de VOS-houdende dampen. In principe zijn hier ook drie oplossingsrichtingen mogelijk:

- affakkelen (verbranden of thermische oxidatie);
- elektriciteitsopwekking in een gasmotor;
- terugwinning van de vloeistof.

Het zal duidelijk zijn dat bij de laatste twee oplossingsrichtingen er ook opbrengsten verbonden zijn aan de verwerking van de damp, respectievelijk elektriciteit en benzine (of andere vloeistoffen).

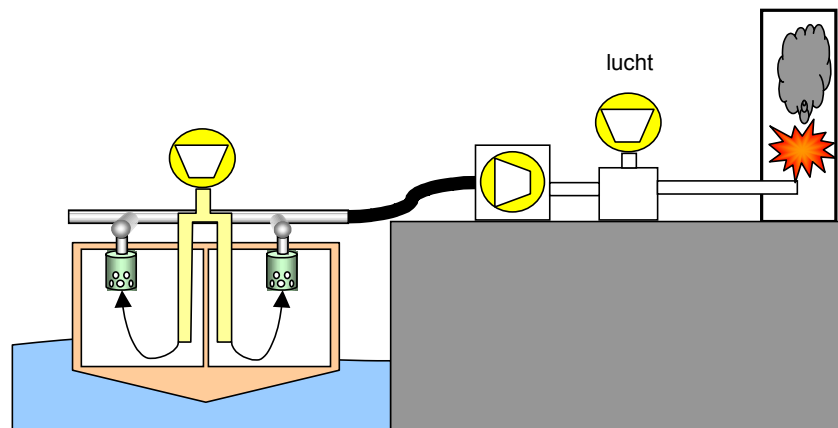
Deze opties zijn in deze studie met drie technieken ingevuld; thermische oxidatie, verbranden in een gasmotor en isolatie middels een PSA. Deze technieken worden allen in de praktijk toegepast voor de verwerking van grote debieten afgassen met relatief lage concentraties aan VOS (zie ook [IPPC]). In onderstaande subparagrafen wordt aangegeven hoe deze technieken in deze studie zijn ingevuld.

### 7.3.1 Vernietiging van vrijgekomen VOS door thermische oxidatie

Voor de vernietiging van de bij ontgassen vrijgekomen VOS wordt met name in de V.S. gebruik gemaakt van fakkels (zie bijvoorbeeld). Waarschijnlijk betreft het bij de door AVR geëxploiteerde installatie voor ontgassing van schepen waarin gevaarlijke stoffen zijn vervoerd eveneens een fakkel. Een fakkel is feitelijk een vuurhaard, waarin een voorgemengd mengsel van VOS-dampen en lucht en eventueel ook aardgas wordt verbrand.

Thermische oxidatie betreft feitelijk een gesloten fakkel, een verticale buis waarin de vooraf met verbrandingslucht gemengde VOS-houdende gassen worden verbrand.

Figuur 10 Schematische weergave fakkel installatie



Het proces omvat:

- de fakkel zelf;
- mengkamer;
- meet- en regelapparatuur;
- veiligheidsapparatuur;
- leidingen;
- ventilator.

De VOS-concentratie van het mengsel dient voldoende hoog te zijn om het verbrandingsproces op gang te houden. Daarvoor dient de VOS-concentratie volgens [AEA] 170% boven de UFL (upper flammable limit) te liggen, in de praktijk een concentratie van ongeveer 25% (volgens [AEA]). Bij lagere concentraties wordt aardgas bijgemengd. De vlamtemperatuur bedraagt in de regel  $1.000 \pm 100^\circ\text{C}$ .

Thermische oxidatie hoeft vanwege de aard van het proces niet persé gesitueerd te worden bij een depot of ander type overslaglocatie met opslagfaciliteiten. Er is geen opslag van VOS nodig, want er worden geen VOS teruggewonnen. Eén en ander betekent ook dat het mogelijk is om van dergelijke processen het aantal installaties te beperken tot bijvoorbeeld één per regio waarin veel overslag plaatsvindt – en veel tussen niet compatibele ladingen wordt gewisseld.

Thermische oxidatie is geschikt om te worden gecombineerd met de tot nu toe gangbare manier van ontgassen. In deze studie is aangenomen dat de atmosfeer in het ruim gemiddeld genomen 4,5 keer zal moeten worden ververst.

De investering voor de procesapparatuur kan worden geschat aan de hand van de relatie:

$$\text{Investering (€)} = 158,7 \cdot V + 254.000$$

waarin  $V$  het debiet (in  $\text{m}^3/\text{uur}$ ) is. Dit is exclusief:

- indirecte investeringen (engineering, bouwbegeleiding, inspectie, vergunningverlening, training personeel, overdracht);
- investeringen voor randapparatuur (civiele engineering: graafwerk, bestrating, hekwerk, draagconstructies, afwerking, leidingen (gas, elektra, dampen, etc.).

De operationele kosten bestaan uit kosten voor steunbrandstof en kosten voor personeel. In Bijlage D.1 is aangegeven hoe hoog de kosten zijn voor steunbrandstof. Deze kosten komen bij de in hoofdstuk 4 gegeven jaarvrachten aan VOS neer op een totaal bedrag van € 1.010.000 - € 1.177.000 per jaar voor alle in Nederland te ontgassen tankers. Aan personeel zal per installatie in principe 1 medewerker nodig zijn indien de installatie op een centraal punt wordt neergezet dichtbij verschillende los- en laadpunten. Indien de installatie wordt gebouwd op een laad- of lospunt kan het bestaande personeel deze taken kan waarnemen. In dat geval gaan we ervan uit dat de personele inzet gelijk is aan de tijd waarmee de installatie in bedrijf is (de bezettingsgraad).

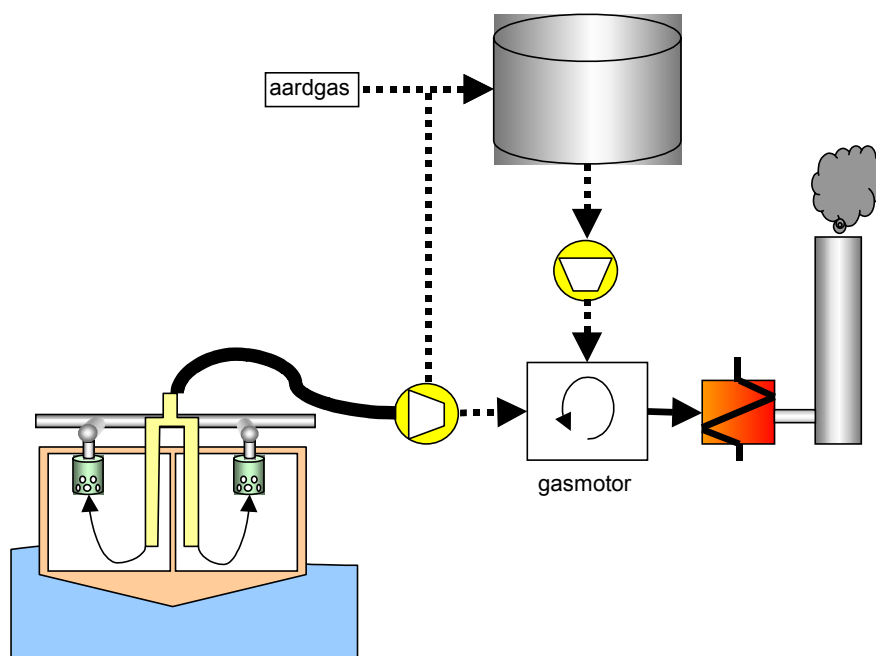
### 7.3.2 Vernietiging in een gasmotor

Een pas sinds kort in Nederland aangeboden alternatief is het door Qlear aangeboden, op een gasmotor gebaseerde systeem. Dit systeem wordt wel ruimschoots toegepast voor de verwerking van de bij belading van schepen en vrachtwagens vrijkomende VOS-dampen, maar er zijn nog geen praktijkervaringen met verwerken van de bij ontgassen vrijkomende dampen. Het systeem bestaat uit een gasmotor en een buffertank. Aardgas wordt ingezet als steunbrandstof wanneer de stookwaarde van het VOS-lucht mengsel te arm geworden is en een te lage stookwaarde heeft ( $< 4 \text{ MJ/m}^3$ ). Het brandbare gas – al dan niet met bijgemengd aardgas – wordt in de gasmotor verbrand en gebruikt voor de opwekking van elektriciteit en warmte. De warmte kan worden gebruikt voor bijvoorbeeld warm houden van opslagtanks. Elektrisch en thermisch rendement bedragen respectievelijk 30% en 50%.

Het door Qlear aangeboden installatie is opgebouwd volgens onderstaand schema.

In eerste instantie wordt geconcentreerd gas onder uit het ruim afgezogen middels de laad- en losbuis. Dit mengsel wordt zonder verrijking met aardgas als brandstof in de gasmotor verbrand. In het concept van Qlear is het afgezogen debiet – in  $\text{m}^3/\text{uur}$  - in eerste instantie laag, in de orde van 25% van het ruimvolume. Anders gezegd het zou bij dit debiet ongeveer 4 uur duren voordat de atmosfeer in het ruim volledig verversd zou zijn. Qlear hanteert dit concept omdat men verwacht dat bij hogere gassnelheden meer menging met de intredende lucht optreedt, hetgeen nadelig is voor de verwerkingscapaciteit van de gasmotor. Naarmate de damp armer wordt – lagere VOS-concentratie – wordt het debiet waarmee wordt afgezogen vergroot tot een waarde waarbij de atmosfeer in het ruim elk uur verversd zou worden. De afgezogen dampen worden nu in een buffer tussentijds opgeslagen en gemengd met aardgas om de stookwaarde voldoende hoog te houden (volgens opgave  $> 4 \pm 1 \text{ MJ/m}^3$ ).

Figuur 11 Schematische weergave van een DVI met een gasmotor



De door de gasmotor geleverde arbeid wordt gebruikt voor het opwekken van elektriciteit. Het systeem heeft een gemiddeld netto elektrisch rendement van 30%. De hitte van de rookgassen van de gasmotor kan worden benut voor het dekken van een warmtevraag. Het thermisch rendement van het systeem bedraagt maximaal 50%.

Het systeem bestaat voor het ontgassen voor grote tankers van  $3.000 \text{ m}^3$  uit:

- een gasmotor en een generator van 650 kWe;
- een buffer van  $3.000 \text{ m}^3$ ;
- een ventilator.

Qlear voorziet voor het aangeboden systeem een andere manier van ontgassing. De procesvoering van het ontgassen is gericht op het zo geconcentreerd isoleren van de VOS uit het ruim om inzet van aardgas als steunbrandstof zoveel mogelijk te beperken. Daartoe wordt de techniek van evacuatie toegepast. De daarbij aangehouden lage verversingssnelheid van de

atmosfeer in het ruim leidt er wel toe dat een 3.000 m<sup>3</sup> grote tanker 8 uur aan de kade zal moeten liggen. De atmosfeer in het ruim wordt dan 3 maal ververs. Voor een gemiddelde tanker van 2.000 m<sup>3</sup> zou de ontgassingstijd 6 uur kunnen bedragen.

Ook bij de gasmotor geldt dat er geen VOS-opslag nodig is en dat het daarom in principe mogelijk is het aantal installaties te beperken tot een aantal centrale locaties, bijvoorbeeld één per regio waarin veel overslag plaatsvindt.

De investering voor het door Qlear aangeboden systeem bedraagt € 1.075.000 voor wat betreft de procesinstallatie. Dit investeringsbedrag is net als bij thermische oxidatie exclusief indirecte kosten en kosten voor randapparatuur e.d.

De operationele kosten bestaan daarnaast uit kosten voor steunbrandstof en kosten voor personeel. Daarnaast zijn er opbrengsten uit de afzet van elektriciteit en warmte:

- 1 Kosten voor inkoop van aardgas en opbrengsten uit afzet van elektriciteit en warmte bedragen netto voor alle in Nederland te ontgassen tankers per jaar € -106.000 tot € -842.000. De grote spreiding hangt samen met de onzekerheid over de eigenschappen van en de jaarlijkse vrachten aan de onder de categorieën 'KWS vloeibaar NEC' (UN3295) en 'brandbare vloeistoffen' (UN1995) vallende stoffen. Voor meer informatie wordt verwezen naar Bijlage D.2.
- 2 Aan personeel zal per installatie in principe 1 medewerker nodig zijn indien de gasmotor wordt neergezet op een centrale plek zodat ze meerdere los- of inlaadpunten kan bedienen. Indien de installatie wordt neergezet bij een bestaand los- of laadpunt kan bestaand personeel de bediening overnemen en is in principe een inzet gelijk aan de bedrijfstijd van de installatie voldoende.

### 7.3.3 Terugwinning

Bij terugwinning is uitgegaan van een PSA<sup>54</sup>. Een PSA is een veelgebruikte techniek voor de afvangst van VOS uit afgassen met VOS-concentraties vergelijkbaar met die in het bij ontgassen vrijkomende dampplucht mengsel (zie bijvoorbeeld [GKSS]). Een voorbeeld van dergelijke afgassen zijn bijvoorbeeld de 'gereinigde' gassen van een éénstaps-DVI, zoals toegepast bij overslag bij tankers en tankwagens. Daarin kunnen nog steeds enkele tientallen grammen VOS per kubieke meter aanwezig zijn. Andere terugwinningprocessen voor VOS – zoals cryogene scheiding of scrubber – zijn minder geschikt vanwege de relatief lage VOS-concentraties in dampplucht mengsels bij ontgassen (zie Appendix), zeker bij de gangbare wijze van ontgassing.

De voor terugwinning beschouwde installatie is als gezegd uitgegaan van een proces waarbij de uit het ruim gedreven VOS wordt geconcentreerd tot een concentratie die voldoende hoog is voor verwerking in een bestaande standaard DVI, waarmee normaliter de bij overslag van compatibele ladingen vrijkomende dampen worden verwerkt.

---

<sup>54</sup> Pressure Swing Absorbtion.

Een hiervoor gangbare techniek is adsorptie aan actieve kool. Deze techniek wordt bijvoorbeeld veel toegepast als tweede stap bij DVI's voor behandeling van bij overslag vrijkomende dampen.

Bijgevoegd figuur geeft het schema van een dergelijke installatie. De te reinigen gasstroom wordt door vat 1 of 2 geleid, waarbij de VOS aan de actieve kool in het vat adsorbeert. Wanneer de actieve kool in het vat verzadigd is wordt de gasstroom via het andere vat geleid, waarna het verzadigde bed door het trekken van een vacuüm wordt ontdaan van VOS. Door het aanleggen van een vacuüm desorbeert de VOS weer en komt de VOS als een geconcentreerde stroom vrij. Deze geconcentreerde stroom kan naar een bestaande DVI worden geleid.

In deze studie is aangenomen dat het voor terugwinning beschouwde systeem uitsluitend wordt opgesteld bij depots of andersoortige locaties met opslagfaciliteiten. Vanwege compatibiliteit van ladingen zal een tanker, die kort daarvoor een bepaalde lading – bijvoorbeeld benzine of methanol – heeft gelost op de loslocatie moeten worden ontgast.

Een 'universele' of centrale installatie, waar elk te ontgassen schip - ongeacht de aard van de kort daarvoor geloste lading - kan worden behandeld lijkt vanuit logistiek oogpunt minder logisch. In deze studie wordt bijvoorbeeld een spectrum van 7 producten en productgroepen beschouwd. Een centrale terugwinninginstallatie zou voor al deze stoffen opslagcapaciteit dienen te hebben, wat feitelijk betekent dat een compleet depot moet worden gecreëerd.

Een PSA vergt in principe geen specifieke eisen aan ontgassen. Wel kan worden gesteld dat het systeem goedkoper zal zijn naarmate de damp uit het ruim geconcentreerder en met kleiner debiet uit het ruim kan worden verwijderd. In verband met de voordelen qua tijdsduur is uitgegaan van ontgassen middels verdringing.

De investering kan worden geschat aan de hand van de relatie:

$$Investering(€) = 480 \cdot V + 303.000$$

waarin V het te reinigen debiet (in m<sup>3</sup>/uur) is. Het resulterende bedrag is wederom exclusief indirecte kosten en kosten voor randapparatuur.

De operationele kosten bestaan uit kosten voor elektriciteitsconsumptie, opbrengsten uit terugwinning van chemicaliën en personeelskosten.

- 1 Kosten voor inkoop van elektriciteit en opbrengsten uit de terugwinning van chemicaliën bedragen netto voor alle in Nederland te ontgassen tankers per jaar € -772.000 tot € -1.363.000. De grote spreiding hangt wederom samen met de onzekerheid over de eigenschappen van en de jaarlijkse vrachten aan de onder de categorieën 'KWS vloeibaar NEC' (UN3295) en 'brandbare vloeistoffen' (UN1995) vallende stoffen. Voor meer informatie wordt verwezen naar Bijlage D.3.
- 2 Aan personeel zal per installatie in principe 0,2 medewerker voldoende zijn. Er is naar verwachting geen voltijdsfunctie nodig omdat de installatie op een bestaande site staat opgesteld en er gebruik kan worden gemaakt van de menskracht op die site. Wel betekent dit dat de PSA op iedere site zal moeten worden opgesteld.





## 7.4 Aannames en relaties tussen kostenposten

De totale kosten voor ontgassen met een DVI worden bepaald door enerzijds de kosten voor het operationaliseren van een DVI (afschrijving, onderhoud, personeel en netto energie), en anderzijds door de kosten voor de schipper als gevolg van ontgassen (kosten voor stilliggen gedurende de tijd dat het schip wordt ontgast en de kosten als gevolg voor wachttijden bij de DVI). In deze paragraaf gaan we nader in op deze kostencategorieën en schetsen een aantal relaties tussen de variabelen.

### 7.4.1 Gehanteerde aannames

Op basis van de in voorgaande paragrafen gepresenteerde kentallen is een schatting gemaakt van de specifieke reductiekosten als functie van het aantal locaties waarop kan worden ontgast.

Hierbij zijn de volgende aannames gehanteerd:

- 1 Qua bedrijfsvoering is aangenomen dat ontgassen gemiddeld 20 uur per dag, 350 dagen per jaar kan plaatsvinden. Bij grotere installaties zal de bedrijfstijd 24 uur per dag bedragen, bij kleinere installaties zal dat eerder in de buurt van 12 uur liggen. Gemiddeld gaan we ervan uit dat een DVI 20 uur per dag in bedrijf is.
- 2 De investeringen voor indirecte kostenposten en voor randapparatuur bedragen beide 100% van de kosten voor procesapparatuur. De onderhoudskosten zijn vastgesteld op 2% van de apparaatskosten.
- 3 De vaarten die nu al dedicated en compatibel worden uitgevoerd en waarbij nu nog vrij wordt ontgast, zullen in de toekomst zonder ontgassen plaatsvinden in verband met de kosten die gecontroleerd ontgassen met zich meebrengt voor een schipper (kosten van stilliggen en kosten van wachttijden).
- 4 De DVI zal worden toegepast op alle niet-compatibele vaarten binnen Nederland en naar Nederland voor installaties die worden gedimensioneerd op de lospunten. Indien de installaties worden gedimensioneerd op de laadpunten wordt verondersteld dat alle vaarten binnen en vanuit Nederland worden ontgast.
- 5 Als gemiddelde tankergrootte is hier 2.000 m<sup>3</sup> aangehouden. Dit is iets boven de gangbare praktijk (gemiddeld 1.900 m<sup>3</sup>), maar men kan in de toekomst aannemen dat de gemiddelde vloot iets groter gaat worden. Daarom lijkt een gemiddelde van 2.000 m<sup>3</sup> een redelijk uitgangspunt.
- 6 De in paragraaf 7.3 beschreven technieken hebben we ieder ingevuld met een eigen manier om het ruim dampvrij te maken: Bij de fakkelininstallatie is dat ventilatie, bij de Q-lear gasmotor evacuatie en bij PSA terugwinning verdringing. Deze koppelingen liggen technisch voor de hand, maar eventueel zouden ook andere combinaties kunnen worden onderzocht.
- 7 De personeelskosten vormen een belangrijk deel van de totale kosten. Verondersteld is in de berekening dat een DVI die op een centrale locaties wordt gebouwd (in de buurt van meerdere havens) in principe voltijs bemand zal moeten zijn. Indien de DVI echter bij een laad- of lospunt wordt neergezet, kan het bestaande personeel van de laad- of losinstallatie worden opgeleid om de DVI te bedienen<sup>55</sup>. De personele inzet

---

<sup>55</sup> De kosten van opleiding van personeel zijn verdisconteerd in de berekening onder het kopje engineering en andere indirecte kosten en maken deel uit van de totale investeringskosten. In de tabellen hieronder is dat te vinden onder het kopje afschrijvingskosten.

is dan gelijk verondersteld aan de tijd die het kost om het schip te ontgassen.

Een verdere toelichting op sommige van deze aannames wordt gegeven in bijlage E.

#### 7.4.2 Inzicht in de relaties

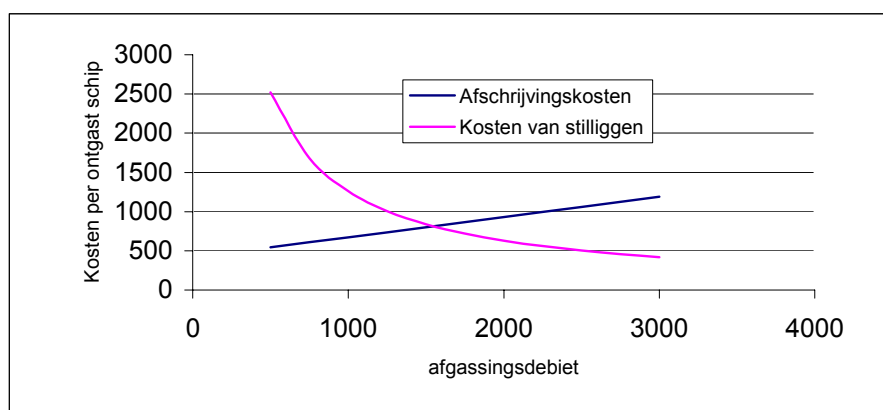
De totale kosten voor ontgassen met een DVI worden nu bepaald door een aantal tegengestelde factoren. In deze paragraaf schetsen we die factoren. In paragraaf 7.5 zullen we de kosten onderzoeken aan de hand van een aantal praktijksituaties.

##### **Grootte van het debiet en wachttijden**

De vorige paragraaf liet zien dat de investeringskosten van alle installaties bepaald wordt door een vast gedeelte, en een gedeelte dat variabel is, afhankelijk van het debiet van de installatie. Hiermee lijkt een klein debiet te prefereren boven een groot debiet. Een klein debiet heeft echter tot gevolg dat de tijd die het kost voordat het ruim ontgast is, enorm toeneemt. Dat heeft weer kosten tot gevolg voor de schipper, tenzij het ontgassen 's nachts zou kunnen gebeuren.

Figuur 12 geeft een overzicht van de relatie tussen debiet, de afschrijvingskosten van een fakkelinstallatie en de kosten voor de schipper als gevolg van de tijd die het kost om het ruim gasvrij te maken voor een gemiddeld aantal van 300 ontgaste schepen bij een DVI<sup>56</sup>.

Figuur 12 Relatie tussen de wachtkosten voor de schipper en de afschrijvingskosten per ontgast schip voor verschillende debietgrootten



Uit deze figuur wordt het conflict duidelijk: een lager debiet kent weliswaar lagere afschrijvingskosten, maar veel hogere wachttijden en daarmee hogere kosten van stilliggen. Uit deze kosten valt te berekenen dat de gezamen-

<sup>56</sup> Hierbij zijn we uitgegaan van de investeringskosten, zoals in paragraaf 7.3.1 bepaald, het feit dat installatie en indirecte kosten ieder 100% van de apparaatskosten zijn (zie paragraaf 5.3), de afschrijvingskosten conform de milieukostenmethodiek (die bedragen jaarlijks gemiddeld 16,3% van de investeringskosten) en gebruik makend van de standaard techniek van ventilatie voor het ruim (zie paragraaf 7.2.1 waarbij het ruim 4,5 maal verversd dient te worden) en de kosten van stilliggen zoals bepaald in Tabel 19. Daarnaast veronderstellen we dat de installatie gemiddeld 300 schepen per jaar zal ontgassen.



lijke kosten het laagst zijn bij een debiet van ongeveer 2.250 m<sup>3</sup> voor 300 schepen per DVI. Dat zou dus als een optimum kunnen worden beschouwd waarbij de totale kosten het laagst zijn.

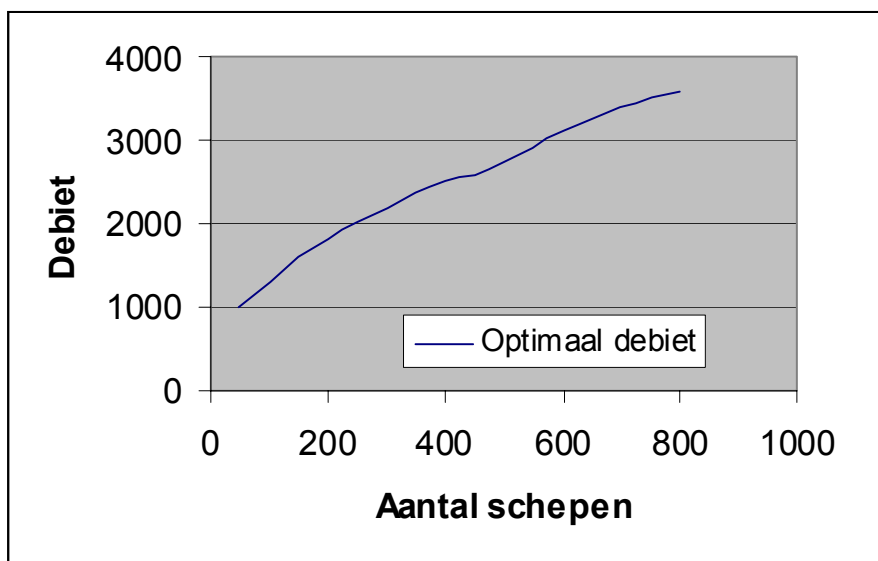
Daarnaast is het ook zo dat de personele kosten van het bedienen van een DVI ook afhankelijk zijn van de tijd die het kost voordat een schip ontgast wordt indien de DVI geplaatst wordt op een centrale locatie (zie uitgangspunt 7 hierboven).

### **Grootte van het debiet en het aantal schepen dat langskomt**

De rentabiliteit van een DVI wordt in eerste instantie vooral bepaald door het aantal schepen dat langskomt om te ontgassen. Als de investering eenmaal gedaan is, kan er maar beter zoveel mogelijk gebruik van worden gemaakt. In het voorgaande hadden we gezien dat voor een aantal schepen van ongeveer 300, er een optimaal debiet is van ongeveer 2.250 m<sup>3</sup>. Voor een kleinere hoeveelheid schepen kan dat echter weer anders zijn. Figuur 13 geeft een relatie tussen het debiet en de gecombineerde kosten van afschrijven en wachttijden van een schipper, zoals hierboven gedefinieerd.

Uit deze figuur volgt dat bij een gering aantal schepen (50 of minder) het, gegeven de kostenstructuur, beter is om een klein debiet aan te houden.

Figuur 13 Relatie tussen het optimale debiet en het aantal schepen dat langs een DVI komt (eenheid debiet in m<sup>3</sup> per uur)



### **Aantal DVI's versus wachttijden en kosten van omvaren**

Voor een effectieve invulling van het verbod lijkt het handig om een flink aantal DVI's te plaatsen, bij de belangrijkste los- en laadpunten. Dat doet de kosten echter flink toenemen. De totale investeringskosten voor 1 DVI met een hoog debiet van 2.000 m<sup>3</sup> bedragen ongeveer € 1,5 miljoen voor een fakkelt, tot boven de € 3 miljoen voor installaties die gebruik maken van een verbrandingsmotor of een terugwinningssysteem. De jaarlijkse afschrijvingskosten bedragen tussen de € 270.000 en 600.000 per jaar. Het plaatsen van een aanzienlijke hoeveelheid DVI's heeft dan ook hoge kosten tot gevolg.

Om de kosten te drukken zou men kunnen overwegen om een beperkt aantal DVI's in Nederland te plaatsen, tussen de 1 en 4. Dat heeft echter tot gevolg dat schippers moeten omvaren om hun schip te ontgassen, wat weer tot kosten voor de schippers leidt. Bovendien heeft het plaatsen van een beperkt aantal DVI's tot gevolg dat er kosten kunnen ontstaan als gevolg van het wachten op ontgassing omdat de DVI al door een ander schip bezet wordt gehouden. Als men ervan uitgaat dat een gemiddelde ontgassing ongeveer 4 uur duurt voor een debiet van 2.250 m<sup>3</sup>, kan men met een simpele wachtrijsimulatie berekenen dat de gemiddelde wachttijd groter dan een uur wordt als de installatie een bezettingsgraad kent groter dan 20%. Wachttijden langer dan een uur lijken in elk geval onhaalbaar omdat de kosten van ontgassen met elk uur oplopen met € 140 (zie Tabel 19).

## 7.5 Illustratie aan de hand van een zestal praktijksituaties

In deze paragraaf geven we een overzicht van de totale kosten van het plaatsen van de drie hierboven beschreven technieken in verschillende scenario's. De scenario's zijn als volgt opgesteld:

- 1 Plaatsing van DVI's om alleen ontgassen bij UN1203 tegen te gaan bij de meest belangrijke laadpunten.
- 2 Plaatsing van DVI's om alleen ontgassen bij UN1203 tegen te gaan bij de meest belangrijke lospunten.
- 3 Combinatie DVI en dedicatievaart: plaatsing van 1 DVI bij het meest belangrijke lospunt om daar emissies als gevolg van UN1203 te reduceren.
- 4 Combinatie DVI en dedicatievaart: plaatsing van 1 DVI bij het meest belangrijke laadpunt van UN1203.
- 5 Plaatsing van een optimaal aantal DVI's bij het meest belangrijke lospunt om daar emissies van alle stofcategorieën te reduceren.
- 6 Plaatsing van een optimaal aantal DVI's bij het meest belangrijke laadpunt om daar emissies van alle stofcategorieën te reduceren.

De scenario's verschillen van elkaar vooral met betrekking tot los- en laadpunten. Een DVI kan in principe immers zowel bij de lospunten als de inlaadpunten worden gebouwd. Er worden in Nederland, volgens de database van de AVV, 56 inlaadpunten en 109 lospunten van UN1203 onderscheiden. Puur logistiek ligt het daarom voor de hand om een DVI bij de inlaadpunten neer te zetten en niet bij de lospunten. Een nadeel daarvan is dat een schip vaker niet-ontgast zal rondvaren waardoor er een potentieel veiligheidsgevaar kan optreden. Verschillende studies, aangehaald in hoofdstuk 6, hebben echter aangetoond dat de veiligheidseffecten gering zullen zijn van het niet-ontgast rondvaren.

Een tweede nadeel van plaatsing bij de inlaadpunten is dat het principe van terugwinning alleen goed werkt bij de lospunten. Dan kan immers zonder problemen de teruggewonnen vloeistof worden afgevoerd naar het depot waarin wordt gelost. Terugwinning bij de inlaadpunten is om een aantal redenen onmogelijk. Er moet immers een niet-compatibele stof worden afgevoerd naar de tank en dan vervuult de lading van de tank. Daarnaast kunnen er eventueel problemen ontstaan rond de vraag van wie de teruggewonnen lading is (in verband met administratie, accijnzen, etc.). Vooral omdat terugwinning in principe de kortste ontgassingstijd kent, kan deze techniek voor schippers interessant zijn die hun schip vooral snel zullen willen laten ontgassen.



## 7.5.1 Situatie 1: Alleen UN1203 bij de meest belangrijke laadpunten

Er zijn in Nederland 56 inlaadpunten van benzine (UN1203). Per inlaadpunt wordt er gemiddeld 41 miljoen kilo benzine ingeladen. De spreiding is echter enorm. In een aantal locaties wordt minder dan 1 miljoen kilo ingeladen (bestemd voor binnenlands transport). Op deze locaties is de bouw van een DVI vanwege het geringe verkeer heel duidelijk een peperdure aangelegenheid. Op dergelijke locaties zal, gemiddeld gezien, ongeveer 1 schip per jaar behoefte hebben aan een mogelijkheid om geforceerd te ontgassen. We gaan ervan uit dat er op deze locaties geen DVI gebouwd gaat worden. Daarmee blijven er 43 inlaadpunten waar een DVI mogelijk zinvol is<sup>57</sup>. Met deze 43 locaties wordt 99,7% van de benzine ingeladen en vormt daarom een goed aanknopingspunt voor een analyse waarbij gekeken wordt wat er zou gebeuren als op alle locaties een DVI komt te staan.

Tabel 34 geeft het overzicht van de totale kosten voor twee technieken: afkakkelen en verwerking van de dampen in een gasmotor. We zijn daarbij uitgegaan van een debiet van 1.000 m<sup>3</sup> omdat er weinig schepen langs deze installaties zullen komen. De investeringskosten zijn per installatie bepaald aan de hand van de analyse in paragraaf 7.3. Verder zijn de personele kosten overeenkomstig de analyse uit paragraaf 7.3 vastgesteld op de gemiddelde bedrijfstijd: de installaties worden immers bij de bestaande inlaadpunten gebouwd.

Tabel 34 Geschatte kosten (in miljoen Euro) van het plaatsen van 43 DVI's bij laadpunten voor aanpak van alleen UN1203 (debiet 1.000 m<sup>3</sup>)

Jaarlijkse kosten	Fakkel	Gasmotor
Bedrijfstijd	1.4%	1.9%
Afschrijvingen	8.68	22.60
Onderhoudskosten	0.35	0.92
Personeel	0.16	0.21
Electriciteit/steunbrandstof	0.24	0.00
Opbrengsten	0.00	-0.16
Kosten stilliggen schipper	0.59	0.79
Wachtkosten	0.00	0.00
<b>Totale kosten</b>	<b>10.02</b>	<b>24.37</b>
VOS gereduceerd (kton)	0.64	0.64
<b>Reductiekosten kg VOS (€/kton)</b>	<b>15.67</b>	<b>38.11</b>

Uit deze analyse blijkt dat de totale kosten tussen de € 10 en € 24 miljoen liggen, afhankelijk van het soort systeem. Daarmee zijn deze kosten beduidend hoger dan in het geval van dedicatie- en compatibiliteitsvaart. De reductiekosten per kg VOS bedragen tussen de € 16 en € 38 per kg VOS. Uit de analyse van CE (2001), blijkt dat dergelijke kosten beduidend boven de gangbare reductiekosten in de industrie uitkomen. Hiermee is het plaatsen van DVI's bij de belangrijkste inlaadpunten een uitermate dure maatregel om emissies van VOS te reduceren. De belangrijkste reden daartoe is dat er in deze situatie ongeveer 470 schepen per jaar zullen worden ontgast. Per installatie betekent dat een bezettingsgraad van tussen de 1 en 2%. De resterende tijd is de installatie niet in gebruik.

<sup>57</sup> Volgens van der Sluijs zouden de kleinere depots overigens gaan verdwijnen als er nog meer investeringen zouden moeten worden gemaakt voor benzine. Bijv. Texel, waar hij zei dat benzine aanvoer ook gewoon per truck en veerboot kan gebeuren.

De personeelskosten zijn hier laag, omdat verondersteld wordt dat de DVI wordt geplaatst bij een bestaand laadpunt. Doordat de installatie bijna nooit in gebruik is, is de extra arbeidsinzet voor het personeel gering.

Overigens moeten deze getallen met enige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Voor een vergelijking tussen de twee hierboven gekozen technieken zijn de aannames m.b.t. indirecte kosten en installatiekosten cruciaal. Qlear gaat zelf voor de installatiekosten uit van een percentage van ongeveer 50% (en niet 100% zoals in deze studie). Stel dat de indirecte investeringen en de installatiekosten voor de gasmotor identiek zouden zijn aan die van een fakkel, dan komt de prijs van het door Qlear geleverde systeem dichtbij die van een fakkel. Maar de voornaamste redenen waarom het Qlear systeem duurder is, is dat de bedrijfstijd te kort is om echt opbrengsten te genereren als gevolg van de verkoop van elektriciteit. Indien de bedrijfstijden groter worden, wordt het verschil tussen een fakkel en de gasmotor vanzelf kleiner.

### 7.5.2 Situatie 2: Alleen UN1203 bij belangrijke lospunten

In Nederland zijn er meer lospunten waar benzine wordt gelost dan laadpunten. In 2002 waren er 76 lospunten volgens de AVV-database. Uiteraard zal een DVI bouwen op 76 locaties op nog hogere kosten stuiten dan in de vorige situatie berekend<sup>58</sup>. Doordat er ook minder VOS vrijkomt bij de lospunten (er wordt in Nederland minder gelost dan geladen), zijn de reductiekosten per kg vermeden VOS dramatisch hoog. Daarom gaan we deze keer de afkapgrens iets hoger leggen. We gaan ervan uit dat in havens waar minder dan 10 miljoen kg benzine wordt gelost (afkomstig van binnenlands transport) er geen DVI gebouwd gaat worden. Dit resulteert in het bouwen van DVI's op 25 lospunten waarmee bijna 94% van het totaal te lossen gewicht wordt ondervangen. Hiermee wordt ongeveer 0,4 kton VOS gereduceerd<sup>59</sup>. In de praktijk betekent dit dat ongeveer 20 schepen per jaar die nu nog ontgast *moeten* worden, dat niet langer kunnen doen<sup>60</sup>. Tabel 35 geeft de resultaten van deze exercitie waarbij we wederom zijn uitgegaan van een debiet van 1.000 m<sup>3</sup>.

---

<sup>58</sup> De reductiekosten per kg VOS komen dan neer op tussen de € 18 en € 45 per kg.

<sup>59</sup> Het getal van 0,40 gereduceerde VOS is gebaseerd op de tabel in Bijlage F waarbij we ervan uit zijn gegaan dat 94% van de VOS met deze maatregel wordt aangepakt.

<sup>60</sup> Uiteraard brengt dit extra kosten voor de binnenvaartschippers met zich mee, maar die bepalen we niet op dit moment, zie volgende paragrafen.



Tabel 35 Jaarlijkse kosten in miljoenen Euro's van het plaatsen van 25 DVI's bij belangrijke lospunten voor aanpak van alleen UN1203 (debiet 1.000 m<sup>3</sup>)

Jaarlijkse kosten	Fakkelt	Gasmotor	PSA
Bedrijfstijd	1.5%	2.0%	1.0%
Afschrijvingen	5.05	13.14	9.57
Onderhoudskosten	0.21	0.54	0.39
Personeel	0.10	0.13	0.07
Elektriciteit/steunbrandstof	0.15	0.00	0.03
Opbrengsten	0.00	-0.10	-0.53
Kosten stilliggen schipper	0.37	0.49	0.24
Wachtkosten	0.00	0.00	0.00
Totale kosten	5.87	14.20	9.77
VOS gereduceerd (kton)	0.37	0.37	0.37
Reductiekosten kg VOS (€/kton)	15.69	37.98	26.12

Hieruit blijkt dat de totale kosten hoog zijn: ditmaal bedragen ze tussen de € 6 en € 14 miljoen per jaar. De bedrijfstijd blijft zo rond de 1% schommelen en dit komt vooral doordat de totale hoeveelheid ontgassing afneemt ten opzichte van de situatie waarin bij de inlaadpunten wordt ontgast. In Nederland wordt immers meer benzine ingeladen dan gelost en de invulling van een verbod op vrij ontgassen middels een DVI bij het lossen heeft dan ook minder ontgassing tot gevolg dan wanneer er een DVI bij het inladen wordt geplaatst. Daardoor blijven de reductiekosten per kg vermeden VOS onverminderd erg hoog.

Voorts kan bij de lospunten ook een terugwinningsinstallatie worden gebouwd. De totale kosten daarvan liggen tussen die van een fakkelt en een gasmotor in.

Concluderend stellen we dat het logischer lijkt om een DVI bij de inlaadpunten te plaatsen, want er wordt in Nederland immers meer benzine ingeladen dan gelost. Verplicht ontgassen bij de lospunten betekent dan in principe ook een lagere kosteneffectiviteit (reductiekosten per kg VOS) dan verplicht ontgassen bij de laadpunten. Daarentegen betekent een DVI plaatsen bij de lospunten minder veiligheidsrisico's doordat schepen minder vaak leeg rondvaren.

### 7.5.3 **Situatie 3: Combinatie DVI en dedicatievaart met 1 DVI bij het belangrijkste lospunt van UN1203**

De analyse hierboven laat zien dat het plaatsen van DVI's om het verbod op het ontgassen van benzine na te leven erg duur is. Maar wellicht is het zinvol om op 1 locatie, daar waar de meeste benzine wordt gelost, een DVI te plaatsen.

In Nederland is Amsterdam het grootste lospunt van benzine van lichters. In Amsterdam wordt ieder jaar 750 miljoen kg benzine gelost die in Nederland is ingeladen bij verscheidene havens. Dat is ongeveer 32% van het totaal van de in Nederland vervoerde benzine. Als we ervan uitgaan dat de emissies van VOS evenredig bij alle transporten plaatsvinden, betekent dat dat een installatie in Amsterdam ongeveer 32% van de binnenlandse VOS-emissies zou kunnen reduceren, in totaal ongeveer 0,14 kton VOS.

De resterende emissies zouden dan gewoon via dedicatievaart moeten worden behandeld tegen kosten die in hoofdstuk 6 zijn bepaald. De vraag is: is dit een kosteneffectieve strategie?

In Amsterdam zijn er verscheidene havens waar benzine wordt gelost. Dimensionering van één enkele DVI zal dus moeten gebeuren op een plaats waar schepen die meerdere havens aandoen ontgast kunnen worden, bijvoorbeeld op een centrale plek in het Westelijk Havengebied. Qua personele inzet heeft dit als consequentie dat de DVI niet langer deeltijds bemand kan worden en dat er 1 persoon continue aanwezig moet zijn om de installatie te bedienen. Per jaar zullen er ongeveer 80-100 schepen langskomen. Een PSA ligt dan ook niet voor de hand, omdat die gedimensioneerd zou moeten zijn naast een lospunt waar men meerder stofcategorieën kan lossen. Vanwege ruimtegebrek kan daar niet goed een steiger worden gebouwd van waaruit schepen additioneel nog ontgast worden en tankers worden gebouwd voor de aan UN1203 compatibele stoffen.

Op deze locatie zullen ongeveer 100 schepen langskomen per jaar. We rekenen de installatie daarom door met een debiet van 1.500m<sup>3</sup>.

Tabel 36 Kosten (in miljoenen Euro's) van DVI op 1 lospunt (debiet 1.500 m<sup>3</sup>)

Jaarlijkse kosten	Fakkel	Gasmotor
Bedrijfstijd	8,6%	11,4%
Afschrijvingen	0,24	0,53
Onderhoudskosten	0,01	0,02
Personeel	0,27	0,27
Elektriciteit/steunbrandstof	0,05	0,00
Opbrengsten	0,00	-0,03
Kosten stilliggen schipper	0,08	0,11
Wachtkosten	0,01	0,01
Totale kosten	0,66	0,90
VOS gereduceerd (kton)	0,14	0,14
Reductiekosten kg VOS (€/kton)	4,87	6,68

Uit deze tabel blijkt dat de totale jaarlijkse kosten van een fakkel in deze situatie ongeveer € 660.000 bedraagt. Dit is uiteraard aanzienlijk lager dan in de vorige situaties. Maar doordat deze installatie ook veel minder VOS krijgt te verwerken, zijn de reductiekosten per kg VOS nog steeds een factor 4 hoger dan in het geval van dedicatie- en compatibiliteitsvaart.

We zien hierbij ook dat het verschil tussen een fakkel en een gasmotor bijna is verdwenen. Voor een gasmotor loont een hoge bezettingsgraad omdat er dan immers bij de gasmotor meer opbrengsten zijn, en bij de fakkel meer kosten van steunbrandstof.

Voor het eerst zijn er per ontgast schip ook wat wachtkosten: gemiddeld ruim een half uur in het geval van een fakkel en ruim 1 uur in het geval van een gasmotor. De tijd voor een ontgassing duurt tussen de 6 en 8 uur.

Maar de conclusie moet zijn dat het niet kosteneffectief is om in Nederland een DVI te bouwen bij een lospunt. Zelfs bij het grootste lospunt is het aanbod van schepen te klein om kosteneffectief een DVI te kunnen opereren.





#### 7.5.4 Situatie 4: Alleen UN1203 bij het belangrijkste laadpunt

In Rotterdam wordt in Nederland het leeuwendeel van de benzine ingeladen: 75% van het totaal bestemd voor de binnenlandse markt. Ergens in deze haven zou, op een centraal punt, een DVI kunnen komen te staan waarbij schepen kunnen gaan ontgassen voordat ze nieuwe lading inladen.

Gemiddeld zullen daar tussen de 300 en 350 schepen per jaar langskomen voor een ontgassing. We rekenen deze situatie door met een debiet van 2.500 m<sup>3</sup>, het optimum voor dit aantal schepen<sup>61</sup>. In Tabel 37 staan de totale kosten voor deze DVI vermeld.

Tabel 37 Jaarlijkse kosten (in miljoenen Euro's) als gevolg van het plaatsen van 1 DVI bij het belangrijkste laadpunt (debiet 2.500 m<sup>3</sup>)

Jaarlijkse kosten	Fakkel	Gasmotor
Bedrijfstijd	17,3%	23,1%
Afschrijvingen	0,32	0,53
Onderhoudskosten	0,01	0,02
Personeel	0,27	0,27
Elektriciteit/steunbrandstof	0,17	0,00
Opbrengsten	0,00	-0,12
Kosten stilliggen schipper	0,17	0,23
Wachtkosten	0,03	0,07
Totale kosten	0,97	0,99
VOS gereduceerd (kton)	0,46	0,46
Reductiekosten kg VOS (€/kton)	2,11	2,15

Noot: \*Hoeveelheid VOS gereduceerd is berekend aan de hand van de tabel in Bijlage E over VOS-emissies als gevolg van transport in- en vanuit Nederland rekening houdend met het feit dat dedicatie- en compatibele vaart niet langer ontgast worden. Deze emissies zijn vervolgens vermenigvuldigd met het aandeel van Rotterdam in de totale lading van benzine in Nederland.

Het eerste dat opvalt is dat de bedrijfstijd aanzienlijk hoger is dan bij de eerdere situaties. De bedrijfstijd varieert hier van 17 tot 23%. Een en ander betekent trouwens wel dat de wachttijden voor de schippers toenemen. De gemiddelde wachttijd bij de fakkel bedraagt drie kwartier en bij een gasmotor bijna anderhalf uur<sup>62</sup>. Overigens zijn de wachttijdskosten maar gering in vergelijking tot de totale kosten maar ze kunnen een reden vormen waarom schippers niet willen dat hun schepen ontgast worden (zie paragraaf 7.6).

Ten tweede valt op dat het verschil in kosten tussen een fakkel en een gasmotor vrijwel is verdwenen. Bevreemdend is dat niet: hoewel de gasmotor hogere investeringskosten betekent, levert het gebruik van de gasmotor alleen maar geld op. Het gebruik van een fakkel kost alleen maar geld in verband met de steunbrandstof.

Maar uiteindelijk moeten we ook in deze situatie concluderen dat de reductiekosten per kg VOS nog steeds een factor 1,5-2 hoger zijn dan in het geval van dedicatievaart. De vraag in hoeverre dit binnen de foutenmarge valt, wordt behandeld in paragraaf 7.6.

<sup>61</sup> Het is trouwens nog de vraag in hoeverre debieten groter dan 2.000 m<sup>3</sup> ook daadwerkelijk technisch haalbaar zijn.

<sup>62</sup> Gebruik makend van een M|M|1 wachtrij.

### 7.5.5 Situatie 5: Een DVI op de 4 grootste loslocaties

Mogelijkerwijs zou een DVI toch kosteneffectief kunnen worden gemaakt indien niet alleen ontgassen bij UN1203 wordt verboden, maar ook andere stoffen worden betrokken bij een verbod.

Een probleem bij de analyse van dit probleem is dat wij niet precies weten waar alle laad- en lospunten zijn van de andere stoffen. Omdat de grootste emissies toch bij UN1203 optreden, ligt het echter voor de hand om de installaties zo te dimensioneren dat er op de locaties waar de meeste lading wordt gelost of ingeladen een DVI komt te staan. In deze paragraaf gaan we onderzoeken wat dan de kosten zouden zijn.

In Nederland wordt benzine vooral gelost in Amsterdam, Rotterdam, Groningen en Utrecht. Op deze locaties wordt ruim 48% van alle in Nederland ingeladen benzine gelost.

Een DVI op deze vier locaties zou in principe ook schepen met andere ladingen kunnen ontgassen. Een probleem daarbij is dat we niet precies weten waar de andere stofnummers hun lading lossen. We gaan er voorlopig vanuit dat op deze locaties voor elk van de andere stoffen ook 48% van de lading wordt gelost. Dat lijkt vooral een overschatting te zijn: de plaatsen waar veel benzine wordt uitgeladen zijn niet noodzakelijkerwijs de plaatsen waar ook andere stofnummers worden gelost.

Gemiddeld zullen er per locatie ongeveer 250 schepen worden ontgast. We rekenen deze situatie daarom door met een optimaal debiet van 2.000 m<sup>3</sup>.

Tabel 38 geeft het overzicht voor deze situatie

Tabel 38 Jaarlijkse kosten (in miljoenen Euro's) voor bouw van vier DVI's bij de grootste loslocaties van benzine waar ook andere schepen kunnen worden ontgast

Jaarlijkse kosten	Fakkel	Gasmotor
Bedrijfstijd	15,8%	21,1%
Afschrijvingen	1,12	2,10
Onderhoudskosten	0,05	0,09
Personeel	1,06	1,06
Elektriciteit/steunbrandstof	0,54	0,07
Opbrengsten	0,00	-0,29
Kosten stilliggen schipper	0,62	0,83
Wachtkosten	0,11	0,22
Totale kosten	3,50	4,08
VOS gereduceerd (kton)	0,63	0,63
Reductiekosten kg VOS (€/kton)	5,56	6,48

Uit deze tabel blijkt dat de reductiekosten per kg VOS tussen de € 5,5 en 6,5 per kg te liggen, nog steeds ongeveer twee keer zo hoog als bij verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart (dat was € 2,7, zie hoofdstuk 6).

De personeelskosten zijn hierbij de grootste kostenpost. Op elk van deze locaties zal immers voltijds een persoon aanwezig moeten zijn om de installatie te bedienen. Daarnaast zijn de kosten van het stilliggen voor de schipper ook opvallend toegenomen in vergelijking met de situatie waarbij alleen UN1203 werd gereduceerd. Dit komt omdat er nu tienmaal zoveel schepen



langskomen om te worden ontgast. De hoeveelheid te reduceren VOS is echter niet met een factor 10 toegenomen: UN1203 kent duidelijk de grootste VOS-emissies per m<sup>3</sup> laadinhoud en ontgassen bij schepen die andere stofnummers vervoeren is dus minder kosteneffectief dan het ontgassen van schepen waarbij alleen UN1203 wordt vervoerd. Wel kan de kosteneffectiviteit toenemen als de DVI relatief weinig bezet zou zijn. Een bezettingsgraad van groter dan 20% lijkt echter überhaupt een probleem te worden omdat dan de wachttijden voor de schipper enorm toenemen.

Tot slot wijzen we nog op het feit dat met deze 4 DVI's slechts minder dan de helft van de emissies van VOS als gevolg van vrij ontgassen worden bestreden. De resterende helft zal dan met dedicatie- en compatibiliteitsvaart moeten worden ingevuld.

#### **7.5.6 Situatie 6: Bouw van een DVI bij de meest belangrijke inlaadpunten**

De zesde situatie die we in deze studie willen beschouwen is de bouw van een DVI bij het meest belangrijke inlaadpunt in Nederland: Rotterdam, waarbij ook andere stoffen kunnen worden ontgast. Zoals in paragraaf 7.5.3 beredeneerd wordt hier 72% van alle benzine ingeladen. Ook de andere stoffen zullen hier in aanzienlijke hoeveelheden worden ingeladen. Uitgaande van een gemiddelde van 72% voor alle stoffen, gaan we bepalen of dimensionering van een DVI kosteneffectief is.

In Rotterdam zullen per jaar ongeveer 2.000 schepen willen worden ontgast. Dit kan niet door 1 DVI worden gedaan, omdat de vraag naar ontgassing groter is dan het aanbod, uitgaande van een operationele tijd van 7.000 uur per jaar. Ook met slechts 2 DVI's (1.000 schepen per DVI) zullen de wachttijden scherp tot boven de 5 uur. Uit een paar simulaties met het wachtrijrekenmodel en onze spreadsheet blijkt dat de beste rentabiliteit wordt behaald indien er drie DVI's op niet al te grote afstand van elkaar worden geplaatst. De kans immers dat een individuele DVI bezet is, is veel groter dan de kans dat drie DVI's tegelijkertijd bezet zijn.

Omdat per 3 DVI's gemiddeld 700 schepen per jaar ontgast zullen worden, is voor het debiet de maximale grootte van 3.000 m<sup>3</sup> gekozen. In feite zou een groter debiet nog additionele voordelen kunnen opleveren, maar de technische haalbaarheid daarvan zou eerst onderzocht moeten worden.

Tabel 39 geeft de kosten weer.

Tabel 39 Jaarlijkse kosten (in miljoenen Euro's) voor bouw van drie DVI's bij de havens van Rotterdam waar ook andere schepen kunnen worden ontgast (debiet 3.000 m<sup>3</sup>)

Jaarlijkse kosten	Fakkel	Gasmotor
Bedrijfstijd	33,2%	44,2%
Afschrijvingen	1,07	1,58
Onderhoudskosten	0,04	0,06
Personeel	0,80	0,80
Elektriciteit/steunbrandstof	1,29	0,19
Opbrengsten	0,00	-0,69
Kosten stilliggen schipper	0,98	1,30
Wachtkosten	0,13	0,39
Totale kosten	4,31	3,64
VOS gereduceerd (kton)	1,37	1,37
Reductiekosten kg VOS (€/kton)	3,16	2,66

In dit geval zijn de totale kosten van een gasmotor lager dan die bij een fakkel. Dit komt door de toegenomen bedrijfstijd en de daarmee samenhangende voordelen van een gasmotor ten opzichte van een fakkel.

De reductiekosten per kg VOS bedragen ongeveer € 2,7 per kilogram, vergelijkbaar met de kosten van dedicatie- en compatibiliteitsvaart. De totale tijd voor een ontgassing voor een individuele schipper bedraagt bij de gasmotor 5 uur en een kwartier, waarvan 72 minuten een gemiddelde wachttijd is voordat het schip aan een vrije DVI kan aanleggen.

Daarmee lijkt plaatsing van een DVI een serieus alternatief voor verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart indien we uitgaan van een uitbreiding van het verbod op ontgassen voor alle in deze studie onderzochte stofnummers. In de volgende paragraaf gaan we hier nader op in, en onderzoeken in meer details of plaatsing van DVI's werkelijk een haalbaar alternatief is.

## 7.6 Interpretatie van de resultaten: Is een DVI aan te raden als het verbod wordt uitgebreid naar andere stoffen?

De voorgaande situatieschets liet zien dat plaatsing van een DVI in geen enkel geval kosteneffectief is als alleen UN1203 onder een voorgenomen verbod zou komen te vallen. In dat geval lijkt het het beste om het verbod op ontgassen in te vullen met verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart.

Indien het verbod wordt uitgebreid naar andere stoffen, kan plaatsing van een DVI echter wellicht wel kosteneffectief zijn om een deel van de reizen waarbij nu ontgast wordt een alternatief te bieden voor pure dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Veel hangt af van de interpretatie van de kosten. Bijvoorbeeld is de vraag gerechtigd of de kosten die we bij een DVI hebben bepaald nu moeten worden vergeleken met de minimale of de maximale kosten die we in hoofdstuk 6 hebben bepaald. En of er geen 'addertjes' onder het gras zitten als daadwerkelijk wordt overgegaan tot de bouw van een drieweg DVI installatie in Rotterdam.

Daarnaast is de vraag aan de orde of een verbod gemakkelijker te handhaven zou zijn bij verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart of bij een ontgassen via een drieweg DVI.



In deze paragraaf gaan we nader in op deze vragen in.

### 7.6.1 De kosten vergeleken

Tabel 40 geeft een vergelijking van de kosten die deze studie gevonden heeft voor de twee maatregelen om de emissies als gevolg van ontgassen tegen te gaan.

Tabel 40 Vergelijking kosten (€/kg vermeden VOS) van verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart en bouw van een DVI voor 72% van het totaal aantal reizen voor alle UN-nummers

	Dedicatie- en compatibiliteit	DVI
Maximale variant	3,2	2,7
Gemiddelde variant	2,4	2,7
Minimale variant	1,7	2,7

In deze tabel zijn de kosten van dedicatie- en compatibiliteitsvaart dusdanig gekozen dat UN1230 en UN1993 niet onder het verbod vallen: de analyse uit hoofdstuk 6 liet immers zien dat daarmee hoge kosten gemoeid zijn<sup>63</sup>. De kosten voor de DVI is bepaald alsof er gebruik is gemaakt van de gasmotor. De vraag is nu hoe we de kosten van de bouw van DVI's moeten vergelijken met die van dedicatie- en compatibiliteitsvaart.

### 7.6.2 Vergelijking op verlies aan opbrengsten voor de schipper

In hoofdstuk 6 zagen we dat de extra kosten van dedicatie- en compatibiliteitsvaart bestaan uit kosten als gevolg van extra vaarkilometers, kosten van een verlies aan opbrengsten en kosten verbonden aan wachttijden bij de DVI.

Het berekende verlies aan opbrengsten was in de maximale variant bepaald onder de veronderstelling dat schepen thans een hoge benuttingsgraad kenden en weinig tijd stillagen of niet in gebruik waren. Dan zou de tijd die er in extra vaarkilometers gestoken moet worden immers direct het aantal te lossen ladingen per jaar doen afnemen en daardoor zouden de opbrengsten per schip afnemen. In de minimumvariant speelde dat nauwelijks een rol.

Het wachten op een ligplaats bij een DVI en de tijdsduur van het ontgassen impliceert echter ook een verlies aan tijd en in onze berekeningen in hoofdstuk 7 is daarvoor niet gecorrigeerd. Als schippers nu ook een hoge benuttingsgraad kennen en weinig stilliggen, dan zou de extra tijdsinzet voor het ontgassen ook direct nadelige gevolgen hebben voor het aantal te vervoeren ladingen.

Daarom lijkt het vanuit dit perspectief logischer dat de kosten voor een DVI worden vergeleken met de minimumvariant bij de kosten voor dedicatie- en

<sup>63</sup> Overigens zijn de kosten voor de DVI wel bepaald alsof UN1230 en UN1993 onder het verbod zouden vallen. Voor een DVI is het juist kosteneffectiever als deze schepen ook onder het ontgassingsverbod vallen. Indien deze schepen niet onder dat verbod vallen, worden de totale kosten een klein beetje hoger tot 2,8 €/VOS.

compatibiliteitsvaart. Dit betekent dat de kosten voor bouw van een DVI wel degelijk beduidend hoger zijn dan die bij compatibiliteitsvaart.

### 7.6.3 Mogelijke kostenvoordelen van andere positionering

De beschouwde kansrijke situatie 6 in paragraaf 7.5.6 veronderstelde dat de drie DVI's dichtbij elkaar gebouwd zouden moeten. In dat geval zijn de wachttijdskosten voor de schipper namelijk aanzienlijk lager. Een dergelijke bouw zou wellicht betekenen dat er kostenvoordelen te behalen zijn indien de drie DVI's tezamen op 1 locatie worden gebouwd. De installatiekosten en engineeringkosten lijken dan aanzienlijk omlaag te kunnen gaan: er hoeft bijvoorbeeld maar 1 vergunning te worden aangevraagd in plaats van 3. Indien we veronderstellen dat die kosten de helft zullen gaan bedragen bij de gelijktijdige bouw van de drie DVI's dan zouden de kosten per kg vermeden VOS ongeveer uitkomen op 2,4 €/kg. Eventueel zou dit bedrag nog verder omlaag kunnen gaan als ook de personele inzet gereduceerd kan worden tot 1-2 personen.

De bouw op 1 locatie betekent echter ook dat er op die locatie per jaar ongeveer 2.000 schepen langskomen die ontgast willen worden. Dat zijn gemiddeld 6-7 schepen per dag, maar met mogelijk uitschieters naar 15-20. Een dergelijke grote transportstroom kan niet meer op een bestaand inlaadpunt worden gerealiseerd. Dus zal er een nieuwe locatie gebouwd moeten worden. De daarvoor benodigde investeringen (kade, havenmond) bedragen al snel tientallen miljoenen gulden. Daarmee zou dit weer een hele dure optie worden.

Concluderend kunnen we stellen dat er daarom geen kostenvoordelen te behalen zijn als de drie DVI's precies naast elkaar gezet worden.

### 7.6.4 De markt voor ontgassen is dynamisch en kleiner dan gedacht

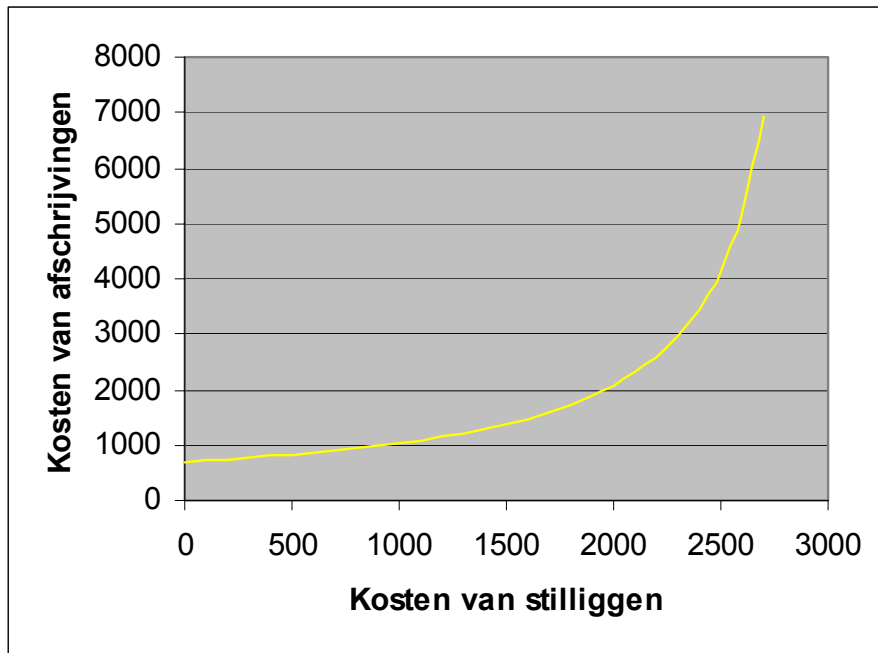
In principe heeft een schipper straks de keuze of hij dedicated of compatibel gaat varen, of dat hij zijn schip gaat laten ontgassen. Deze keuze impliceert dat er een maximum zit aan de kosten van wachten en stilliggen die een schipper bereid is te maken voor ontgassen, zelfs in de situatie als de overheid zou besluiten dat de verladings zouden moeten opdraaien voor de kosten van het ontgassen. Uit Tabel 32 bleek dat de extra kosten voor het vervoer van UN1203 gemiddeld € 1.500 zijn per reis die nu nog niet-compatibel wordt uitgevoerd. Dat bedrag kan worden gezien als een afkapgrens. Als de wachttijden en kosten van het stilliggen hoger zijn dan dit bedrag, zal de schipper uiteraard besluiten dat het beter is om dedicated of compatibel te varen.

Dit bedrag van € 1.500 is uiteraard een gemiddelde: het kan variëren van praktisch 0 tot oneindig. Als dit bedrag normaal verdeeld is, kan men in feite stellen dat bij kosten van stilliggen en wachten van € 1.500, reeds 50% van de schippers heeft besloten om hun reis compatibel of dedicated uit te voeren en geen gebruik te maken van de DVI. Daarmee wordt vervolgens ook de rentabiliteit van een DVI veel lager: als er minder schepen aanleggen zullen de kosten per ontgast schip immers veel hoger worden.

Figuur 14 geeft deze relatie weer waarbij we verondersteld hebben dat de kosten van een dedicatie- of compatibele vaart volledig gelijkmatig zijn verdeeld over het spectrum van € 0 tot 3.000.



Figuur 14 Relatie tussen de kosten van stilliggen en de kosten van afschrijvingen voor een gasmotorinstallatie met een debiet van 3.000 m<sup>3</sup> en de kosten van stilliggen bij een DVI



Deze figuur laat zien dat alleen indien de kosten van stilliggen 0 bedraagt, de gehanteerde afschrijvingen van ruim € 800 in deze studie gehaald wordt. In werkelijkheid zijn deze kosten uiteraard niet gelijk aan 0 omdat het tijd kost voordat een schip ontgast is. Uit de analyse rond situatie 6 zagen we dat de gemiddelde wachttijd voor een schipper ongeveer 5 kwartier was plus vier uur dat zijn schip wordt ontgast. Rekening houdend met de uurkosten, zoals in Tabel 19 bepaald, kunnen we stellen dat de gemiddelde kosten voor schipper ongeveer € 730 per ontgast schip bedragen. Uit de data die onder Figuur 11 liggen kunnen we dan bepalen dat ongeveer een kwart van de schippers hun schip niet zullen laten ontgassen omdat zij goedkoper dedicated of compatibel kunnen varen. Een en ander resulteert in veel hogere kosten voor de bouw van drie DVI's op bestaande locaties die dicht bij elkaar liggen, zoals in Tabel 41 valt te zien.

Tabel 41 Aangepaste reductiekosten voor drie DVI's op bestaande locaties onder veronderstelling van dynamische markt voor ontgassen

Jaarlijkse kosten	Fakkel	Gasmotor
Bedrijfstijd	24,9%	33,2%
Afschrijvingen	1,07	1,58
Onderhoudskosten	0,04	0,06
Personeel	0,80	0,80
Elektriciteit/steunbrandstof	0,97	0,14
Opbrengsten	0,00	-0,51
Kosten stilliggen schipper	0,73	0,98
Wachtkosten	0,05	0,12
<b>Totale kosten</b>	<b>3,66</b>	<b>3,17</b>
VOS gereduceerd	1,02	1,02
<b>Reductiekosten kg VOS</b>	<b>3,58</b>	<b>3,09</b>

Hieruit blijkt dat de reductiekosten per kg VOS dan stijgen tot ongeveer € 3,1 per kg vermeden VOS.

Omdat we niet de tijdsverdeling weten waarin schippers zullen aanleggen bij een ontgassings-DVI, kunnen we ook niet bepalen hoeveel de daadwerkelijke kosten zullen bedragen van het stilliggen.

### 7.6.5 Handhaving

Handhaving van een eventueel verbod op ontgassen is een belangrijk item in de invulling van de uiteindelijke wetgeving. Tot nu toe hebben we daar niet veel aandacht aan besteed, maar in feite vormen de handhavingskosten ook een belangrijk onderdeel van de totale kosten voor een eventuele invulling van een verbod.

Handhaving van een verbod op ontgassen met verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart kan bijvoorbeeld worden ingevuld om via het ladingjournaal te checken of dat ook daadwerkelijk gebeurt. In dit geval kan handhaving toch wel een probleem zijn omdat een schipper, ook als hij dedicatie- of compatibel vaart, altijd nog kan ontgassen, en dat ook vaak zal willen, omdat bijvoorbeeld ladingen volgens hem toch niet goed mengen of er sprake is van kwaliteitsverschil in de belading. Daarnaast kan hij zo eventuele wachttijden bij de traditionele DVI's bij de inlaadpunten omzeilen.

Ook kan de situatie zich voordoen waarin er met het ladingjournaal geknoeid wordt. Bijvoorbeeld als in het ladingjournaal staat dat er UN1203 vervoerd wordt, maar in werkelijkheid het niet compatibele UN3295. Voor het inladen van UN3295 heeft de schipper nog snel zijn ruimen illegaal ontgast. Daarom zou onderzocht moeten worden of de controle op het ladingjournaal verbeterd kan worden en eventuele onnauwkeurigheden zwaarder kunnen worden bestraft.

Handhaving bij DVI's lijkt in eerste instantie beter omdat daar elk schip in ieder geval ontgast gaat worden. Echter, de gemiddelde tijd van ontgassen en van wachten totdat er een ligplaats vrijkomt bedraagt altijd nog tussen de 5 en 10 uur, afhankelijk van het aantal DVI's dat wordt gekozen en de technische invulling daarvan. Dit komt overeen met kosten tussen de € 700 en 1.400 voor de schipper als gevolg van het wachten. Dus ook in deze situatie zal de schipper er voordeel in zien om zijn ruimen open te zetten en te





knoeien met het ladingjournaal omdat dat hem een aanzienlijke tijdsbesparing oplevert.

We concluderen daarom dat er geen wezenlijk verschil is tussen beide methoden als het gaat om fraudegevoeligheid bij handhaving. De aandrang om fraude te plegen zal iets lager zijn wanneer het verbod wordt ingevuld met verplicht ontgassen bij een DVI, omdat de wachtkosten in feite iets lager zijn dan de kosten van een verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart, maar heel erg veel ontloopt dat elkaar niet.

### 7.6.6 Effecten op het milieu

In hoofdstuk 6 hebben we bepaald dat verplichte compatibiliteitsvaart resulteert in meer emissies van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>. Indien deze effecten in hun schaduwrijzen werden uitgedrukt, ging het om aanzienlijk grote bedragen. Ook bij het ontgassen met een DVI zullen er emissies optreden. In het geval van een gasmotor zullen deze emissies waarschijnlijk negatief zijn: i.e. een gasmotor bespaard meer dan dat er aan steunbrandstof ingaat.

#### **BOX: Bepaling van emissies van DVI's**

Emissies voor CO<sub>2</sub> zijn bepaald aan de hand van de molecuulformule van specifieke VOC (methanol, benzeen, MBTE, overige KWS (als 1,4 pentadiëen) en gangbare emissiefactoren voor brandstoffen (nafta, benzine, aardgas, destillaten, brandbare vloeistoffen). De emissie van NO<sub>x</sub> is bepaald uitgaande van een emissiefactor van 20 g/GJ.

Emissies voor gasmotor hebben betrekking op netto emissies. Hierin zijn zowel de door de gasmotor zelf geproduceerde emissies als de door afzet van warmte en elektriciteit uitgespaarde emissies verdisconteerd. De door de gasmotor zelf geproduceerde CO<sub>2</sub>-emissies zijn evenals bij de fakkel bepaald aan de hand van de molecuulformule van specifieke VOC en gangbare emissiefactoren voor brandstoffen. De emissie van NO<sub>x</sub> is bepaald uitgaande van een emissiefactor van 120 g/GJ, een gangbare emissiefactor voor 'lean-burn' motoren.

De uitgespaarde zijn bepaald aan de hand van de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit en warmte. Voor de uitgespaarde productie van elektriciteit en warmte is uitgegaan van respectievelijk het gemiddelde elektriciteitspark in Nederland (gegevens EnergieNed) de en emissiefactoren voor warmteafzet hebben betrekking op een stoomketel en een studie van Stork m.b.t. NO<sub>x</sub>-emissie reductie.

Emissiefactoren gemiddeld park	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
- warmte	56	0,016
- elektriciteit	158	0,06

Daarnaast moeten de berekende emissies nog worden verdisconteerd met de milieueffecten die optreden bij de productie van benzine en andere VOS-houdende producten. In het geval van dedicatie- en compatibiliteitsvaart wordt er immers benzine bespaard doordat er niet ontlucht wordt: indien er ontgast wordt, wordt deze benzine in feite de DVI in gevoerd.

De CO<sub>2</sub>-emissies worden dan voor beide soorten DVI's op de volgende manier bepaald.

Tabel 42 Netto CO<sub>2</sub>-emissies in kton per techniek

	Fakkel	Gasmotor
Directe emissies		
- verbranden VOC	4,2	4,2
- verbranden extra aardgas	11,3	2,4
Indirecte emissies		
- productie VOC*	1,8	1,8
Uitgespaarde emissies:		
- uitgespaarde elektriciteit productie**		-5,1
- uitgespaarde warmte-opwekking***		-3,0
	17,3	0,3

Noten: \*: inschatting van de CO<sub>2</sub>-belasting op basis van LCA's uit Simapro voor benzine, butadieen, APME en ETH voor het maken van de hoeveelheid VOS die achterblijft in het ruim en die ontgast moet worden. \*\* uitgaande van 0,63 kg CO<sub>2</sub> per kWh; \*\*\* uitgaande van 56 kg CO<sub>2</sub> per GJ aardgas.

Uitgaande van deze analyse geeft Tabel 43 alle emissies aan van het installeren van een fakkel, een gasmotor en verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart. Bij de berekening van de emissies van dedicatie-vaart en compatibiliteitsvaart zijn we uitgegaan van de gegevens uit Tabel 33 en hebben die vermenigvuldigd met het aandeel dat een DVI in de totale vaart zal innemen (dat is 72% in het geval van situatie 6).

Tabel 43 vergelijking milieueffecten dedicatie- en compatibiliteitsvaart met affakkelen van een gasmotor. Emissies in ton en milieukosten in miljoen Euro

	Dedicatie	Affakkelen	Gasmotor
Emissies (ton)			
CO <sub>2</sub>	7172	17273	309
NO <sub>x</sub>	132	5	10
SO <sub>2</sub>	8	0	0
Totale milieukosten	0.98	0.89	0.06

Uit deze tabel blijkt dat de totale milieukosten het hoogst zijn bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart en bij affakkelen. In het geval van een gasmotor zijn de gemonetariseerde milieueffecten gering.

### 7.6.7 Samenvattend overzicht extra aannames

Als we de kostenschattingen corrigeren volgens de lijnen in paragraaf 7.6 komen we tot ongeveer vergelijkbare kosten uit voor dedicatie- en compatibiliteitsvaart en plaatsing van een DVI met een gasmotor indien de milieukosten verdisconteerd zouden worden in de prijzen. Indien dit niet het geval is, is een gasmotor duidelijk duurder. Tabel 44 geeft het samenvattend overzicht waarbij we voor dedicatie/compatibiliteitsvaart uit zijn gegaan van de minimale kosten en de kosten voor de gasmotor hebben gecorrigeerd voor de dynamische effecten.



Tabel 44 Samenvattend vergelijkbaar kostenoverzicht oplossingsrichtingen

	€/kg vermeden VOS normaal	€/kg vermeden VOS inclusief milieukosten
Kosten dedicatie/compatibiliteitsvaart	1,7	3,0
Kosten gasmotor DVI	3,1	3,2

Uit deze tabel blijkt dat plaatsing van een DVI met een gasmotor duurder is in het geval er alleen wordt gekeken naar de kosten. Als ook de milieueffecten van de maatregel onderwerp van zorg zijn, dan komen de kosten van de gasmotor dichtbij die van een DVI uit.

Een mogelijke onzekerheid daarbij is dat wij in deze studie niet uitgebreid hebben onderzocht of er bij de inlaadpunten van andere stoffen dan UN1203 ook dampverwerkingsinstallaties aanwezig zijn. Indien deze niet aanwezig zijn, zou een gasmotor eventueel kosteneffectiever kunnen zijn dan verplichte dedicatie/compatibiliteitsvaart.



## 8 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport hebben we onderzocht wat de effecten zouden zijn van een voorgenomen verbod op ontgassen van lichters die benzine vervoeren.

De voornaamste conclusies en aanbevelingen zijn als volgt:

- 1 De totale emissies van VOS zijn veel kleiner dan eerder is aangenomen. In deze studie komen we tot een totale emissie van ongeveer 1,8kton in 2002.
- 2 De analyse in dit rapport heeft aangetoond dat er geen enkele situatie is waar het bouwen van een DVI een kosteneffectieve strategie zou kunnen zijn voor het reduceren van emissies van VOS als gevolg van transport van UN1203. In alle gevallen is het voordeliger om via verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart het verbod in te vullen. Indien schippers dat willen kan men altijd nog gebruik maken van de AVR voor een ontgassing.
- 3 Het lijkt een kosteneffectieve maatregel om het ontgassingsverbod op te trekken naar de stofnummers UN1114 (benzeen), UN1268 (restcategorie aardoliederivaten) en UN2398 (MTBE). Reductie van VOS is bij vervoer van deze stofnummers in feite een kosteneffectieve strategie: de kosten liggen onder de gemiddelde kosten van VOS-reductie in de industrie.
- 4 Omdat de emissiecijfers van UN3295 erg onzeker zijn, zou extra onderzoek wenselijk zijn voordat wordt besloten of deze stofcategorie ook onder een uitbreiding van het verbod zou moeten gelden. Op basis van deze studie vermoeden we dat ook VOS-emissies van UN3295 kosteneffectief vermeden kunnen worden met dedicatie- en compatibiliteitsvaart.
- 5 Compatibiliteits- en dedicatievaart leidt wel tot extra uitstoot van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>. Dit zou deels voorkomen kunnen worden door gebruik te maken van een drietal DVI's in de haven Rotterdam op basis van een gasmotor waarmee ongeveer 70-75% van de emissies vermeden kan worden. Deze optie is weliswaar duurder, maar indien we corrigeren voor de gemonetariseerde milieueffecten is zij ongeveer even duur als verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart.
- 6 De handhavingsproblematiek bij beide oplossingen is in wezen niet anders. Handhaving zou moeten gebeuren via het ladingjournaal. In beide oplossingen ligt er voor de schippers een motief om illegaal hun ruim vrij te ontgassen: bij verplichte dedicatie- en compatibiliteitsvaart om zo de extra vaarkilometers niet te hoeven maken, en bij het gebruik van een ontgassings-DVI om zo niet te hoeven wachten totdat er ontgast kan gaan worden en de tijd die het kost om te ontgassen uit te sparen. Deze studie heeft niet gekeken naar mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden om dergelijke fraude te voorkomen.
- 7 De veiligheidsrisico's nemen naar verwachting niet navenant toe bij dedicatie- en compatibiliteitsvaart doordat er vaker leeg gevaren gaat worden. Uit diverse studies is gebleken dat de verwachte effecten op de veiligheid onzeker zijn. Wel neemt het totale aantal vaarten toe op de Nederlandse binnenvaartwegen met ongeveer 7%. Dit zal de kans op een eventuele botsing ook doen toenemen. In hoeverre dit leidt tot een significante verschuiving van de veiligheidsmarges is niet onderzocht in deze studie.

Zowel de kosten als de emissies in deze studie moeten met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Er zijn veel onzekere factoren in het spel. Bij de emissies schatten we in dat de totale onzekerheid in de orde van grootte van 27% voor UN1203 tot 55% voor de andere stoffen. Bij de kosten hebben we niet getracht om een onzekerheidsinterval te geven, maar een foutenmarge van 30-40% is gebruikelijk in dit soort studies. Bij de kosten gaat het om onzekerheid rond de dynamische effecten (hoe gaat de markt reageren als er een verbod op ontgassen komt) en vooral rond onzekerheid over de hoogte van de wachtkosten voor de schipper. In deze studie is gebruik gemaakt van simpele wachtrijtheorie om die kosten te bepalen, maar de kosten kunnen sterk oplopen indien schippers een voorkeur hebben voor ontgassing op een bepaald dagdeel (bijvoorbeeld 's avonds).

De uiteindelijke kosten zijn dan ook sterk afhankelijk van hoe de binnenvaartmarkt reageert op een verbod op ontgassen: als er meer dedicatie- en compatible wordt gevaren ook al kan er ontgast worden bij een DVI, dan is plaatsing van een DVI duurder dan hier berekend. De verwachting is ook dat het vervoer van minerale olieproducten licht zal dalen op de middellange termijn<sup>16</sup> en sterker zal dalen op de lange termijn (ERBS, 2002). Ook daarmee wordt plaatsing van een DVI duurder dan hier berekend.



## Literatuur

AEA, 2001

H.J. Rudd, N.A. Hill

Measures to reduce emissions of VOC's during loading and unloading of ships in the E.U.

AEA Technology, Abingdon, August 2001, AEAT/ENV/R/0469 Issue 2

AVIV, 1999

J. Heitink

Sicherheit leerer Benzintanker

Badger, Uijlenbroek J.W., M.A. de Zeeuw, 1991, *Dampverwerking bij benzinedepots*

CE, 2001

S.M. De Bruyn, B. Leurs en F.de Haan

Beleid voor reductie van VOS in de aardolieketen

Rapport. – Publicatienr.: 01.6015.14

CE 2002,

M. Davidson, A. Hof en B. Potjer

Update Schaduwpreizen: financiële waardering van milieuemissies op basis van Nederlandse overheidsdoelen

Concawe, 2002, report no.6/02, *VOC emissions from loading gasoline onto sea-going tankers in EU-15*

Concawe

E. Martin, H. Schipper et al

Best available techniques to reduce emissions from refineries

Concawe, Brussels, May 1999

ERBS, Erasmus Universiteit, 2002

Naar een duurzame binnentankvaart: externe factoren in intern perspectief

L.M. van der Lugt, H. B. Roos, K.J.J.M. van Dijk, J. Vogelaar en M. van Wirdum, Rotterdam

EPA, 1995

*Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42*, 1995, Chapter 5, US EPA

GKSS

K. Ohlrogge, J. Wind, T. Brinkmann

Membrane based hybrid systems to treat organic vapour loaded gas streams

GKSS-Forschungszentrum Geeshacht GmbH

Infomil 2002

KWS 2000 eindrapportage, 2002, Infomil

IPPC, Anonymus  
Reference document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas refineries  
EIPPCI, Sevilla, february 2003

NEA  
*Onderzoek kosten per uur in de binnenvaart*  
April 2003

PTB, 2000  
D. Hempel, W. Hirsch  
Explosionsgefahr in nichtentgasten Benzinschiffen  
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

PWC 2002, *Het beoordelingskader voor de ontgassing van VOS uit binnenvaartschepen*

Qlear  
Informatie verstrekt door D. Coster van Qlear, 11 september 2003

RIVM 773006 302 *Evaluatie VOS beleid in de industrie*

Stichting Projecten Binnenvaart, *Naar een duurzame binnentankvaart*, 2002

SPB  
*Naar een duurzame Binnentankvaart*  
Oktober 2002

TNO 2002/150, Logtenberg M.Th., M.Phil, S.J. Elbers, *Inertiseren en ontgassen van binnenvaartschepen*

TNO, 2002  
M.Th. Logtenberg, M. Phil, S.J. Elbers  
*Inertiseren en ontgassen van binnenvaartschepen*  
TNO MEP, Apeldoorn, 2002

VROM, 2001  
*Emissiefactoren; lekverliezen van apparaten en verliezen bij op- en overslag*, 2001, Rapportagereeks MilieuMonitor, van der Auweraert en Schuttinga, VROM

VROM, 2003  
CONCEPT Emissiefactoren; lekverliezen van apparaten en verliezen bij op- en overslag, 2003, Rapportagereeks Doelgroepmonitoring, van der Auweraert en Schuttinga, VROM

### **Wettelijke teksten**

EU richtlijn 94/63/EG

20.BimSchV, laatste wijziging 24/06/2002, *Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen*

CCR, Scheepsafvalstoffen Verdrag, *Inzake de verzameling, afgifte en inname van afval in de Rijn- en binnenvaart*





ADNR 2003, CCR, *Reglement voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over de Rijn*

Mededeling 34 *Retourdamp benzine*





**CE**

**Oplossingen voor  
milieu, economie  
en technologie**

Oude Delft 180

2611 HH Delft

tel: 015 2 150 150

fax: 015 2 150 151

e-mail: [ce@ce.nl](mailto:ce@ce.nl)

website: [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Besloten Vennootschap

KvK 27251086

## Bijlagen





## A Transportgegevens AVV

De gebruikte transportgegevens van alle binnenvaartschepen in Nederland bestaan uit:

- het aantal reizen dat het schip heeft gemaakt;
- de afstand die op elk van die reizen is afgelegd;
- het gewicht van de lading op elk van die reizen en
- het stofnummer (UN nummer) van de lading op elk van die reizen.

Om de VOS-emissies per jaar te bepalen zijn deze gegevens geanalyseerd voor het jaar 2002. Voor dit jaar is voor elk van de stoffen UN1203, UN1230, UN1114, UN1268, UN3295, UN1993 en UN2398 bepaald:

- (A) hoeveel Mton in totaal is gelost;
- (B) hoeveel daarvan werd gevolgd door lading met hetzelfde UN nummer (dedicatie);
- (C) hoeveel door compatibele lading;
- (D) hoeveel door niet-compatibele lading en
- (E) hoeveel door een ontgaste reis, dat wil zeggen met lading=0 én stofnummer=0.

Voor de hoeveelheden onder (B), (C) en (D) kan op basis van de gegevens nog onderscheid gemaakt worden naar het al of niet varen van een tussenreis – met damp aan boord – van de locatie van lossen naar de locatie van laden. Omdat dit echter niet van invloed is op het ontluchtingspercentage, laten we in Tabel 17 de totale hoeveelheden voor de vijf categorieën zien.

UN1203 en UN1268 maken deel uit van de compatibiliteitslijst (Tabel 45) en zijn zodoende de enige stoffen waarvoor de ladinggewichten onder (C) groter dan nul zijn.

Tabel 45 Ladinggewichten in Megaton (A = B+C+D+E)

	Totaal gelost (A)	Gevolgd door zelfde stof (B)	Gevolgd door compatibele stof (C)	Gevolgd door niet-compatibele stof (D)	Gevolgd door lege, ontgaste reis (E)	% dedicatie (B/A)	% compatibel (C/A)	% niet compatibel (D+E)/A
UN1203	7,17	2,82	3,36	0,81	0,18	39%	47%	14%
UN1268	3,74	1,46	0,40	1,74 <sup>64</sup>	0,14	39%	11%	50%
UN3295	2,45	0,82	--	1,54	0,09	33%	--	67%
UN1114	1,27	0,38	( <sup>65</sup> )	0,85	0,04	30%	--	70%
UN1230	1,27	0,75	--	0,48	0,04	59%	--	41%
UN1993	0,77	0,16	--	0,59	0,02	20%	--	80%
UN2398	0,66	0,11	--	0,53	0,02	16%	--	84%

<sup>64</sup> Hieronder vallen ook stoffen die op de compatibiliteitslijst voorkomen (bijv. UN1202, ongeveer een derde van dit gewicht). Die lijst wordt echter alleen gebruikt voor wissellading met UN1203, zodat deze stoffen geladen op UN1268 als niet-compatibel gelden.

<sup>65</sup> Hoewel UN1114 in principe compatibel is met UN3295 en UN1993 wordt hier alleen gekeken naar die stoffen waarover binnen de zelfverplichting van de industrie afspraken zijn gemaakt.

Tabel 46 Percentages van totaal ladinggewicht per reistype

	Totaal NL	Binnenlands	Naar NL	Vanuit NL	Doorvoer
		NL			NL
	Mton				
UN1203	7,17	32%	13%	36%	18%
UN1268	3,74	10%	25%	61%	4%
UN3295	2,45	37%	20%	36%	8%
UN1114	1,27	15%	28%	35%	22%
UN1230	1,27	10%	1%	89%	0%
UN1993	0,77	55%	7%	9%	29%
UN2398	0,66	39%	23%	34%	4%

Van de binnenvaarttransporten vanuit Nederland gaat het merendeel naar Duitsland of over de Duitse Rijn naar andere landen. Hetzelfde geldt voor transporten door Nederland, die grotendeels vanuit België naar Duitsland en verder gaan. De aanname is daarom dat het deel 'buiten NL', bestaand uit 'vanuit NL' plus 'doorvoer' in Tabel 46 en Tabel 47, geheel in Duitsland en Zwitserland wordt gelost.

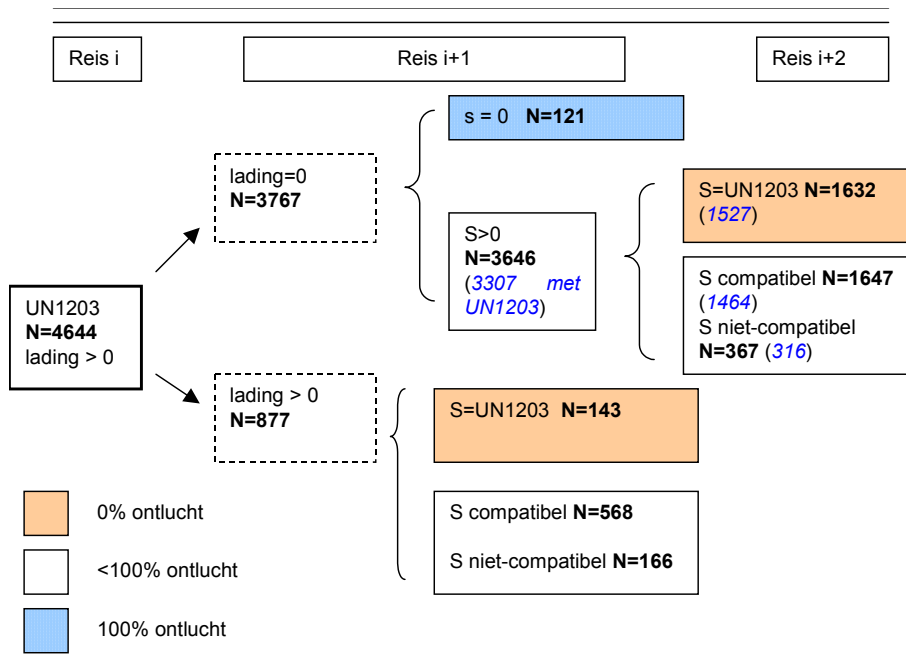
Uit statistieken van de CCR blijkt dat op de Duitse Rijn in totaal 8,8 Mton benzine en 3,9 Mton UN1268 wordt vervoerd (2000). Deze hoeveelheden, verminderd met de hoeveelheden 'buiten Nederland', geven zo een schatting van het extra binnenlands vervoer in Duitsland (en Zwitserland), aangenomen dat de categorie 'Naar Nederland' bestaat uit transporten vanuit België.

Tabel 47 Totaal losgewicht per reistype

	Totaal NL	Binnenlands	Naar NL	Van NL	Doorvoer	Binnenlands
		NL			NL	Duitsland+
	Mton	Mton	Mton	Mton	Mton	Mton
UN1203	7,17	2,30	0,95	2,61	1,32	4,88
UN1268	3,74	0,38	0,92	2,28	0,16	1,46
UN3295	2,45	0,90	0,48	0,88	0,19	
UN1114	1,27	0,19	0,35	0,45	0,28	
UN1230	1,27	0,13	0,01	1,13	0,00	
UN1993	0,77	0,43	0,05	0,07	0,22	
UN2398	0,66	0,26	0,15	0,22	0,02	

In Figuur 15 staan meer gedetailleerde gegevens over de reizen die in 2002 gemaakt werden met lading UN1203. Hierbij is wel onderscheid gemaakt naar het al of niet varen van een tussenreis – met damp aan boord – van de locatie van lossen naar de locatie van laden, voor de categorieën dedicatievaart en compatibele en niet-compatibele vervolglading.

Figuur 15 Aantal reizen voor de verschillende categorieën vervolgreis voor UN1203 (vetgedrukt = totaal, optelsom geeft 4881 voor alle vier kolommen; blauwe getallen = het aantal reizen met lege *niet-ontgaste* vervolgreis)



In Figuur 15 is een aantal reizen te zien dat eigenlijk niet zou moeten voorkomen, zoals een reis met UN1203, gevolgd door een lege reis (lading=0) met een ander stofnummer. Het gaat hier wellicht om foute invoer van gegevens in het bestand of tijdens registratie. In de rapportage worden deze reizen als niet-ontgast beschouwd en is het afhankelijk van de volgende lading of al of niet ontlucht wordt.





## B Stofgegevens

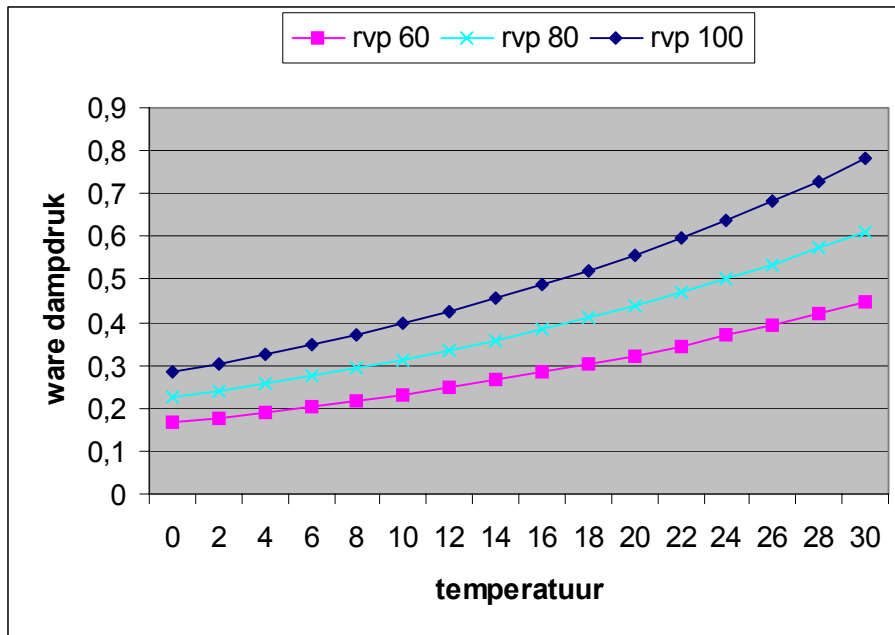
We gebruiken voor de stofgegevens hoofdzakelijk de 'International Chemical Safety Cards' (ICSC) die op internet beschikbaar zijn via het International Programme on Chemical Safety (IPCS) dat is opgezet door het ILO, UNEP en WHO. Deze gegevens worden aan strenge inspectie onderworpen en gelden als zeer betrouwbare bron van chemische en fysische standaardgegevens. Alleen voor UN1203 zijn diverse bronnen geraadpleegd, omdat van deze stof geen éénduidige specificatie is.

De dichtheden van de VOS in vloeibare vorm worden in het algemeen gegeven in verhouding tot de dichtheid van water, in principe op 4°C. Hoewel deze verhouding afhankelijk is van de temperatuur, nemen we aan dat in ieder geval over het temperatuurbereik van ongeveer 4°C tot 30°C deze verhouding gelijk blijft. De dichtheid van water (1 kg/liter) zelf varieert ook minder dan een half procent tussen 4°C en 30°C. Zodoende nemen we aan dat de absolute dichtheid van de vloeistof niet varieert, binnen dit het temperatuurbereik.

Hetzelfde geldt voor de dampdichtheid van de VOS. Deze wordt meestal gegeven in verhouding tot de dichtheid van lucht, in principe bij 'standaard temperatuur en druk' (STP: 0°C en 1 atmosfeer). We nemen ook aan dat deze verhouding niet significant veranderd tussen 0°C en 30°C. De dichtheid van lucht zelf varieert wel tussen 0°C en 30°C. De absolute dichtheid van de damp varieert dus ook tussen 0°C en 30°C.

De dampspanning wordt over het algemeen gegeven bij 20°C, in een enkel geval op 100°F ofwel 38°C. De dampspanning is sterk afhankelijk van temperatuur; deze afhankelijkheid kan niet verwaarloosd worden. Dit blijkt duidelijk uit Figuur 16, waarin voor benzine de afhankelijkheid van de dampdruk van temperatuur is uitgezet voor verschillende vluchtigheidsgraden van benzine (de RVP of Reid dampdruk is een maat voor vluchtigheid).

Figuur 16 De variatie van de dampdruk (in atmosfeer) van benzine met temperatuur, voor verschillende waarden van de Reid dampdruk (RVP). Zomerbenzine heeft een RVP tot 60 kPa, winterbenzine tot 100 kPa



Tabel 48 Dichtheid van vloeistof en damp, dampspanning en explosiegrenzen voor de referentiesituatie (20°C, zie hoofdstuk 3)

	ADNR omschrijving	ICSC nr	dampdruk kPa	vloeistof dichtheid tov water	damp dichtheid tov lucht	LEL Vol%	UEL Vol%	Individuele stof
UN1203	Benzine	1400	30	0,75	3	1,3	7,1	RVP 60 (zomerbenzine)
UN1268	Destillaten	1381	0,6	0,8	4	0,6	6,5	'Petroleum'
			11	0,783	3,4		CPCHem: Fuel mixture	
UN3295	KWS vloeibaar NEG	1380	0,2	0,78	(10) <sup>66</sup>	0,7	6	Hydrogen-treated Nafta
			82	0,66	2,4	1,5	1.4-pentadien	
UN1114	Benzeen	0015	10	0,9	2,7	1,2	8	
UN1230	Methanol	0057	12,3	0,79	1,1	5,5	44	
UN1993	Brandbare vloeistof	1177	3,37	0,829	3,7			Cyclohexeny- lethyleen
			18,3	1,936	5,4		Ethylidide	
UN2398	MTBE	1164	27	0,7	3	1,6	15,1	

<sup>66</sup> Deze grootheid is niet gegeven in de ICSC; hiervoor is een zeer hoge waarde genomen (met oog op de lage dampdruk).



Tabel 49 Referentiegewicht van lucht

Temperatuur Celsius	Gewicht lucht kg/m <sup>3</sup>
0	1,30
5	1,27
10	1,25
15	1,23
20	1,21
25	1,19

Tabel 50 Dichtheid en druk van benzinedamp voor verschillende benzines en verschillende temperaturen (dichtheid steeds 3,0 maal het gewicht van lucht op de bijbehorende temperatuur). In het grijs aangegeven zijn de varianten op de referentiesituatie

	Zomer 17°C		Winter 3°C		Gemiddeld 10°C		Definitie
	kPa	Kg/m <sup>3</sup>	kPa	Kg/m <sup>3</sup>	kPa	Kg/m <sup>3</sup>	
Zomer benzine	29	3,76	19				RVP 60
Winter benzine	50		31	3,85			RVP 100
Jaar gemiddelde					31	3,75	RVP 80

Het is niet noodzakelijk zo dat het nemen van de gemiddelde temperatuur en de gemiddelde dampdruk ook de juiste gemiddelde emissiefactor oplevert. Zoals in paragraaf 4.1 blijkt is het verschil tussen zomer- en winter emissiefactor echter maar 10%. Om de precieze gemiddelde factor te berekenen zijn veel gedetailleerder gegevens nodig dan hier gebruikt. Het resultaat zal niet meer dan 5% van het hier bepaalde gemiddelde afwijken.



## C Kostenbepaling van de benzinetankvaart

Het bepalen van de kosten van de schipper is van belang om inzicht te krijgen in mogelijke kosten als gevolg van dedicatievaart en om inzicht te krijgen in mogelijke kosten als een schipper moet wachten terwijl het schip ontgast wordt.

Voor het bepalen van de kosten van de schipper is gebruik gemaakt van het NEA rapport 'Onderzoek kosten per uur in de binnenvaart' (april 2003)<sup>67</sup>. In dit rapport wordt gewerkt met uurkosten, de totale operationele kosten voor een schipper per uur.

De kosten voor de schipper vallen, volgens de NEA database, uiteen in:

- 1 Materiële kosten: de kosten die voortvloeien uit het financiële beslag dat de investering van een schip legt op de schipper. Het gaat hierbij om kosten die samenhangen met afschrijving, rentebetalingen, verzekeringskosten en het vaste deel van het onderhoud (ongeacht hoe vaak het schip wordt gebruikt).
- 2 Arbeidskosten. De CAO voor de binnenvaart bepaalt de arbeidskosten gebaseerd op de lengte c.q. laadvermogen van het schip en het soort vaart (dagvaart, (semi-)continue vaart). Samen met het bemanningsreglement valt deze regeling ten grondslag aan de berekening van de arbeidskosten per motortankschip.
- 3 Brandstofkosten. Hiervoor heeft NEA gebruik gemaakt van een database welke feitelijk geobserveerde verbruikcijfers naar laadvermogen bevat van een groot aantal schepen uit de binnenvaart. In onze studie wordt aangenomen dat het brandstofverbruik van lichters gelijk is aan het brandstofverbruik van alle motorvrachtschepen.
- 4 Variabele onderhoudskosten. Naast vaste kosten voor reparaties en onderhoud van een motortankschip worden ook onderhoudskosten gemaakt welke afhankelijk zijn van de lading en de vaart. Gemiddeld wordt 50% van de totale onderhoudskosten gezien als variabel. Hiervoor is een gemiddelde per scheepstype (naar laadvermogen) genomen, welke gedeeld is door het gemiddelde aantal vaaruren per type.

Deze vier kostenposten variëren vervolgens met een aantal variabelen:

- 1 De *grootte* van het schip.
- 2 Het *soort* schip (enkelwandig of dubbelwandig met verschillende coatings).
- 3 De *activiteit* die met het schip wordt ondernomen.

Om de gemiddelde kosten te bepalen zijn er een aantal keuzes gemaakt over deze variabelen, zodat die kosten ook daadwerkelijk berekend kunnen worden.

### **Grootte**

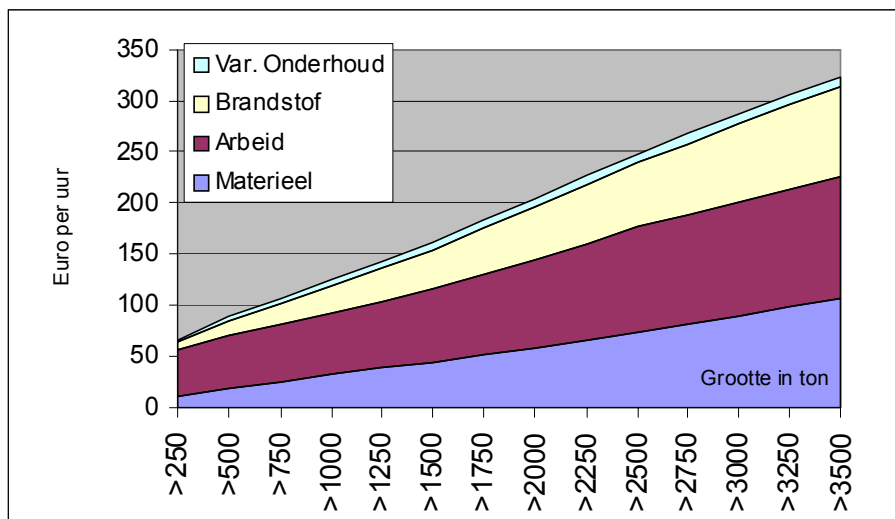
De uurkosten zijn uiteraard groter voor een groot schip dan voor een klein schip. Niet alleen verbruikt een groot schip meer brandstof, ook aanschaf en onderhoud zijn duurder. Daarnaast kent een groot schip vaak meerdere bemanningsleden.

---

<sup>67</sup> Daarnaast zijn deze getallen gecheckt via de spaarzame informatie die beschikbaar was met de tabel 'Kostenverhoudingen' uit SPB, 2002.

De relatie tussen de grootte van een schip en de vier hierboven beschreven kostenposten wordt weergegeven in Figuur 17.

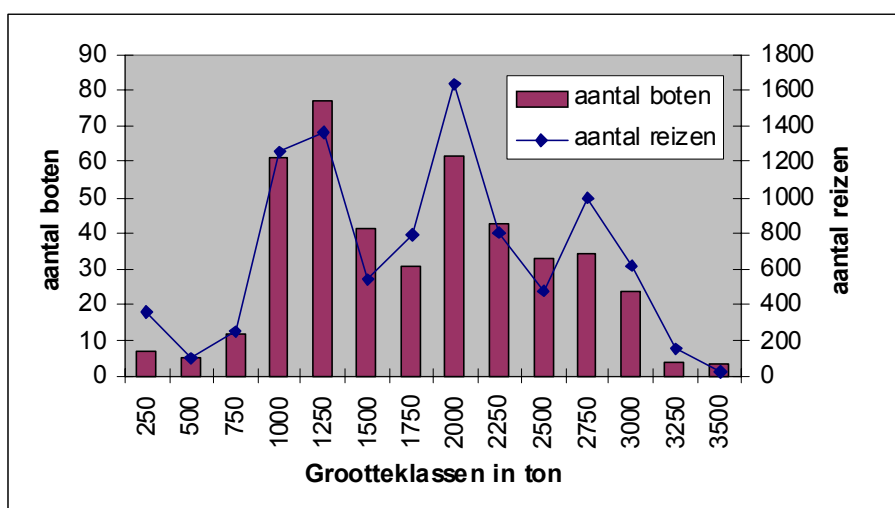
Figuur 17 Verloop van de kosten per uur voor schepen van verschillende grootteklassen, beladen vaart, enkelwandige schepen



Hieruit blijkt dat de uurkosten vrijwel met de grootte van een schip toenemen. Per vervoerde ton lading dalen de kosten uiteraard vanwege schaalvoordelen. Iedere verdubbeling van de laadruimte levert, grosso modo, een kostenbesparing op van 25% volgens de cijfers van het NEA.

Voor onze studie moeten we een inschatting maken van de gemiddelde grootte van de schepen in de benzinetankvaart. Op basis van het AVV-bestand komen we tot een verdeling, zoals weergegeven in Figuur 18.

Figuur 18 Verhouding tussen aantal reizen en aantal boten binnentankvaart UN1203



Uit deze figuur blijkt dat er zowel een piek is rond 1.250 ton en rond de 2.000 ton. Overigens blijkt ook dat grotere schepen relatief meer reizen ma-



ken dan de kleinere schepen – dat is ook logisch want de investeringskosten voor grotere schepen zijn dusdanig hoger dat stilliggen voor deze schepen relatief duurder is dan voor kleinere schepen.

Op basis van de verdeling in grootteklassen van Figuur 18 in de benzinetankvaart, gaan we er in deze studie vanuit dat de gemiddelde kosten voor een schip worden berekend door de materiaalkosten te laten variëren met de grootte van het schip, en de andere kostenposten te laten variëren met het aantal reizen.

### **Soort schip**

In het NEA-rapport worden 3 scheepstypen naar bouw onderscheiden: enkelwandig, dubbelwandig met gecoate tank en dubbelwandig met RVS tank. Enkelwandige tankers worden doorgaans gebruikt voor het vervoeren van minerale stoffen zoals olieproducten. Het aandeel enkelwandige schepen bij het vervoeren van UN1203 wordt door experts op 95% van het totaal aantal schepen geschat<sup>68</sup>. We gaan ervan uit dat de resterende 5% dubbelwandige RVS tanks bevat. Met dubbelwandige vaartuigen worden veelal (gevaarlijke) chemische stoffen vervoerd.

Dit onderscheid is van belang omdat de investeringskosten van een dubbelwandig schip veel hoger zijn dan van een enkelwandig schip. De materiële kosten voor een vaaruur van een schip van gemiddelde grootte (2.000 ton) zijn in het geval van een dubbelwandig RVS-schip ongeveer 3 keer zo hoog dan die van een enkelwandig schip.

In deze studie gaan we uit van de verdeling 95-5% voor het bepalen van de gemiddelde kosten van een schip.

### **Soort activiteit**

In de NEA database zijn kosten te berekenen voor beladen vaart (vaaruren met vracht), leegvaart (vaaruren zonder vracht) en stilliggen (tijdens wachten) onder de volgende twee veronderstellingen:

- 1 Het enige verschil tussen beladen vaart en leegvaart zijn de brandstofkosten. Voor het verschil in brandstofkosten tussen beladen en leegvaart is men bij NEA uitgegaan van een factor 0,67.
- 2 Tijdens stilliggen tijdens wachten op laad- of losplaats of gedurende laden of lossen zijn brandstofkosten en de variabele onderhoudskosten gelijk aan nul. Het vaste deel van de onderhoudskosten moet uiteraard wel worden meegenomen.

### **Samenvattend kostenoverzicht binnentankvaart**

Op basis van de bovenstaande analyse is nu uit te rekenen wat de uurkosten zijn van een gemiddeld schip in de benzinetaankvaart. Tabel 19 in hoofdstuk 5 geeft daarvan het overzicht.

---

<sup>68</sup> Telefonische informatie, de heer Vink van IVR.





## D Apparatuur en kosten van DVI's

### D.1 Thermische oxidatie

#### Kale apparaatinvestering

De investeringskosten voor een fakkel zijn volgens |AEA| te schatten met de relatie:

$$Investering (\text{€}) = 158,7 \cdot V + 254.000$$

waarin V het debiet (in m<sup>3</sup>/uur) is. Dit is exclusief engineering, utiliteiten (zoals aardgas aansluiting) en leidingwerk.

In deze studie is uitgegaan van toepassing van een fakkel in combinatie met de tot nu toe gangbare manier van ontgassen, het via de laad- en losbuis in het ruim blazen van lucht. Voor deze wijze van ontgassen is in deze studie voor een gemiddelde tanker van 2.000 m<sup>3</sup> een debiet van gemiddeld 2.000 m<sup>3</sup>/uur. De gemiddelde benodigde ontgassingstijd voor een tanker van deze omvang is geschat op 4,5 uur. Bij dit debiet kost een kale fakkel met randapparatuur circa € 570.000.

#### Operationele kosten

De operationele kosten bedragen volgens |AEA| circa € 9.000 per jaar. Dit is exclusief kosten voor eventuele steunbrandstof. Voor de steunbrandstof is een tarief van € 0,20/m<sup>3</sup>. De kosten voor steunbrandstof per m<sup>3</sup> damp zijn gegeven in Tabel 51.

Tabel 51 Berekening kosten voor steunbrandstof bij affakkelen

		concentratie VOC na verversen	behoefte aan steunbrandstof m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	kosten steunbrandstof €-cent/m <sup>3</sup> damp
Benzine	UN1203	4,1%	0,28	5,6
destillaten (petroleum, etc.)	UN1268	0,7%	0,32	6,5
KWS vloeibaar NEG (1,4 pentadiëen bijv.)	UN3295	2,0%	0,31	6,2
Benzeen	UN1114	1,3%	0,32	6,4
Methanol	UN1230	2,1%	0,31	6,2
brandbare vloeistoffen	UN1993	3,2%	0,29	5,9
MBTE	UN2398	2,7%	0,30	6,0

### D.2 Gasmotor

#### Kale apparaatinvestering

Voor een installatie gedimensioneerd op het ontgassen van tankers met een laadruim van 3.000 m<sup>3</sup> wordt door Qlear een investeringsbedrag van circa € 1.100.000 genoemd. Dit betreft de investeringen voor ventilator, gasmotor met generator en warmtewisselaar en de buffer. In deze studie wordt uitgegaan van een gemiddelde grootte voor binnenvaart tankers van 1.900 m<sup>3</sup>. Aangenomen is dat de investeringskosten voor een op tankers van dergelijk

formaat gedimensioneerde installatie kan worden geschat uitgaande van een schaalfactor van 0,7. Dit zou een investering geven van € 830.000.

### Operationele kosten

De operationele kosten voor steunbrandstof zijn ingeschat uitgaande van een gemiddelde stookwaarde van het damp-lucht-aardgas mengsel van minimaal 6 MJ/Nm<sup>3</sup>. Deze 'vuistregel' is afgeleid uit de hoeveelheid aardgas die volgens Qlear moet worden toegevoegd bij verwerking van benzinedampen.

Het totale debiet aan damp-lucht mengsel dat uit het ruim wordt geëvacueerd en door de gasmotor moet worden behandeld is conform de door Qlear zelf overlegde berekening op drie maal het volume van het laadruim gehouden.

Er is niet alleen rekening gehouden met de inkoop van aardgas in verband met de behandeling van de dampen in de gasmotor, maar ook met de door de benutting van de producten van de gasmotor uitgespaarde inkoop van elektriciteit en aardgas. Beide kostenposten zijn met elkaar gecombineerd tot de netto aan energiedragers gerelateerde kosten.

Voor de berekening is uitgegaan van de volgende parameters:

- aardgas inkoopprijs voor gasmotor (W/K-koppeling) = € 0, 14/m<sup>3</sup>;
- elektriciteit inkoopprijs = € 11,9/GJ<sub>e</sub>; gemiddeld tarief voor normaal en laag tarief;
- aardgas inkoopprijs voor enkel warmteopwekking = € 7,1/GJ;
- Rendement voor warmteopwekking = 90%.

Met m<sup>3</sup> damp wordt bedoeld het totale debiet aan gas dat uit of via het ruim wordt toegevoerd aan de fakkel. Als gezegd is in deze studie conform de door Qlear overhandigde rekenvoorbeeld uitgegaan van een debiet dat 3 maal het volume van het laadruim is.

Tabel 52 Kosten voor aardgasinkoop

		VOS-concentratie	LHV MJ/m <sup>3</sup>	Toegevoegd aan aardgas m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Kosten steunbrandstof €-cent/m <sup>3</sup> damp
Benzine	UN1203	6%	8		
Destillaten (petroleum, etc.)	UN1268	1%	2	0,15	2,1
KWS vloeibaar NEG (1,4 pentadiëen bijv.)	UN3295	3%	4	0,08	1,1
Benzeen	UN1114	2%	3	0,13	1,8
Methanol	UN1230	3%	1	0,20	2,8
Brandbare vloeistoffen	UN1993	5%	5	0,05	0,7
MBTE	UN2398	4%	5	0,03	0,4



Tabel 53 Uitgespaarde inkoop kosten voor aardgas en elektriciteit

		Energie-inhoud ruim + aardgas MJ/tanker	Opbrengsten elektriciteit €/tanker	Opbrengsten door afzet warmte €/tanker	Opbrengst specifiek €-cent/m <sup>3</sup> damp
Benzine	UN1203	46.755	167	166	5,8
Destillaten (petroleum, etc.)	UN1268	12.043	43	43	1,5
KWS vloeibaar NEG (1,4 pentadiëen bijv.)	UN3295	22.417	80	79	2,8
Benzeen	UN1114	15.410	55	55	1,9
Methanol	UN1230	4.752	17	17	0,6
Brandbare vloeistoffen	UN1993	27.211	97	96	3,4
MBTE	UN2398	29.754	106	106	3,7

Tabel 54 Netto kosten aan energiedragers gerelateerde kosten

		Inkoop van aardgas €-cent/m <sup>3</sup> damp	Opbrengsten €-cent/m <sup>3</sup> damp	Netto €-cent/m <sup>3</sup> damp
Benzine	UN1203		-5,8	-5,8
Destillaten (petroleum, etc.)	UN1268	2,1	-1,5	0,6
KWS vloeibaar NEG (1,4 pentadiëen bijv.)	UN3295	1,1	-2,8	-1,7
Benzeen	UN1114	1,8	-1,9	-0,1
Methanol	UN1230	2,8	-0,6	2,2
Brandbare vloeistoffen	UN1993	0,7	-3,4	-2,7
MBTE	UN2398	0,4	-3,7	-3,3

Verder is volgens opgave door Qlear € 10,- aan onderhoudskosten per uur dat de gasmotor in bedrijf is in rekening te brengen.

### D.3 Terugwinning

#### Kosten

De investeringskosten voor een actief kool systeem kunnen volgens [AEA] worden geschat met onderstaande formule:

$$Investering(€) = 480 \cdot V + 303.000$$

waarin V het te reinigen debiet (in m<sup>3</sup>/uur) is.

Het energieverbruik voor de vacuümpomp is op basis van [GKSS] geschat op 0,35 kWh<sub>e</sub>/m<sup>3</sup>. Uitgaande van een elektriciteitsprijs van € 0,043/kWh<sub>e</sub> geeft dit specifieke kosten van € 0,015/m<sup>3</sup>.

Daarnaast zijn er opbrengsten uit het terugwinnen van chemicaliën, zie Tabel 55.

Tabel 55 Netto kosten aan energiedragers gerelateerde kosten

		Jaarvracht aan VOS kg/jaar	Kostprijs €/kg	Jaaropbrengst €/jaar
Benzine	UN1203	700.000	1,3	928.667
Destillaten (petroleum, etc.)	UN1268	150.000	0,3	45.000
KWS vloeibaar NEG (1,4 pentadiëen bijv.)	UN3295	490.000	0,3	147.000
Benzeen	UN1114	80.000	1,6	131.981
Methanol	UN1230	20.000	0,2	3.200
Brandbare vloeistoffen	UN1993	110.000	n.b.	
MBTE	UN2398	260.000	n.b.	



## E      Uitgangspunten bij berekeningen hoofdstuk 6 en 7

### **Uitgangspunt 1**

De hier gehanteerde openingstijden lijken een bovengrens te zijn. Het vervoeren en laden van benzine is in de haven van Rotterdam wellicht wel een 24-uurs bedrijf geworden, maar in de andere havens is dat zeker niet het geval. Als de openingstijden lager zouden zijn, zouden de totale kosten van een DVI toenemen.

### **Uitgangspunt 2**

De aanname dat de indirecte kosten en de kosten voor randapparatuur ieder even hoog zijn als de kosten voor procesapparatuur houdt in dat de werkelijke investering naar verwachting drie keer de omvang van de investeringen voor enkel procesapparatuur zijn. Deze aanname is gebaseerd op de kostenopbouw voor DVI's zoals gegeven in [AEA], [Concawe] en [IPPC], [Badger]. Ook algemene literatuur, zoals [Coulson], geeft dergelijke percentages.

Een illustratie van het gegeven dat de kosten voor bijvoorbeeld randapparatuur inderdaad erg hoog (kunnen) zijn wordt gegeven door het feit dat in bovengenoemde bronnen de kosten voor de pijpleiding waarmee schip of vrachtwagen en de DVI worden verbonden op diverse M€ worden geschat voor installaties met debieten van slechts 400 – 2.000 m<sup>3</sup> damp per uur.

De op basis van deze aanname geschatte totale investering zal overigens steeds een ruwe aanname zijn. Er kunnen significante verschillen zijn in de kosten voor randapparatuur vanwege verschillen in lengte aan pijpleiding, het aantal benodigde ventilatoren, de te nemen veiligheidsmaatregelen, etc. Volgens [IPPC] kunnen de totale investeringskosten het dubbele tot het vijfvoudige bedragen van de investeringen aan procesapparatuur.

### **Uitgangspunten 3 en 4**

Zoals in hoofdstuk 4 bleek, wordt er nu toch ontgast op vaarten die thans compatibel of dedicated worden uitgevoerd. In principe biedt vrij ontgassen voor de schipper een voordeel. Als er echter kosten moeten worden gemaakt door ontgassen, kan men ervan uitgaan dat de schipper deze kosten niet wil maken en op vaarten waar thans onnodig wordt ontgast, niet langer ontgast zal gaan worden. De kosten voor de schipper zijn de kosten van het stilliggen tijdens het ontgassen en de kosten van eventuele wachttijden omdat er al een schip ontgast wordt. Uitgangspunt 3 betekent dat de totale emissies, zoals die in hoofdstuk 4 zijn bepaald, lager zullen zijn. Tabel 56 geeft aan wat de emissies zijn waarmee we in hoofdstuk 6 en 7 hebben gerekend:

Tabel 56 Aangepaste emissies (in kton) onder de veronderstelling dat er niet langer wordt ontgast wanneer dat niet strikt noodzakelijk is

	Emissies uit Hoofdstuk 4	Emissies aangepast			
		In NL en naar NL	In NL en naar NL	In NL en vanuit NL	In NL
Dimensionering van de DVI		Op de lospunten	Op de laadpunten		
UN1203	0,70	0,42	0,64	0,30	0,76
UN1268	0,16	0,13	0,27	0,04	0,36
UN3295	0,49	0,35	0,45	0,23	0,58
UN1114	0,08	0,08	0,10	0,03	0,15
UN1230	0,02	0,01	0,08	0,01	0,08
UN1993	0,11	0,09	0,10	0,08	0,11
UN2398	0,26	0,22	0,26	0,14	0,34
TOTAAL	1,81	1,31	1,90	0,83	2,38

Hieruit blijkt dat de totale emissies met ongeveer 0,5 kton zullen dalen als alle onnodige ontvluchtingen achterwege worden gelaten. De laatste kolom in deze Tabel geeft informatie over de emissies die geteld worden wanneer er wordt gekeken naar alle emissies die ontstaan bij ladingen die in Nederland worden ingeladen. Indien een verbod op ontgassen wordt geëffectueerd met een DVI bij de inlaadpunten gaan we met deze emissies rekenen. Strikt genomen hoeft dat natuurlijk niet, vooral als in Duitsland het verbod anders wordt ingevuld dan in Nederland. Omdat het er echter naar uit ziet dat in Duitsland er een voorstel komt voor dedicatie/compatibiliteitsvaart gaan we ervan uit dat schepen die in Nederland inladen en hun lading in Duitsland zullen gaan lossen, inderdaad in Nederland ontgast zullen worden voordat ze verder varen.

Tot slot geeft deze tabel ook inzicht in de dimensionering van de DVI volgens uitgangspunt 4. Indien de DVI wordt gedimensioneerd bij de lospunten zijn de emissies binnen en naar Nederland relevant. Indien de DVI wordt gedimensioneerd bij de laadpunten, zijn de emissies binnen en vanuit Nederland de relevante grootheid bij de kostenberekeningen.

## F (Inter)nationaal beleidskader

In deze bijlage staan de resultaten van de voorstudie vermeld waarin gekeken werd naar het internationale beleidskader. De stand van zaken in dit beleidskader is tot en met begin 2003, nieuwere ontwikkelingen zijn er niet in opgenomen, noch is hier getracht om de gevonden resultaten van de voorstudie alsnog te verifiëren. De resultaten staan hier vermeld zodat de voorstudie een integraal onderdeel kan krijgen in dit hoofdrapport, hetgeen de communicatie vergemakkelijkt en een naslagwerk kan vormen voor diegene die zich meer in de beleidskaders rond ontgassen willen verdiepen.

### F.1 Stand van zaken ontgassen Europa

De huidige situatie met betrekking tot ontgassen in Europa is als volgt.

#### *Duitsland*

In eerste instantie heeft Duitsland een totaal verbod op het ontgassen van binnenvaartschepen voor benzine ingesteld (op basis van de bevoegdheid hiertoe die de EU-benzinedistributierichtlijn geeft, zie paragraaf 2.3). Nederland heeft op ministerieel niveau laten weten aan Duitsland deze situatie niet wenselijk te vinden in verband met mogelijk optredend 'ontgassingstoerisme'. Momenteel heeft Duitsland het verbod verzacht met behulp van een overgangsregeling voor niet-dedicatie vaart tot en met 31-12-2005. In deze periode geldt alleen een verbod op ontgassen bij dedicatie vaart en bij niet-dedicatie voor zover er sprake is van een met benzine compatibele vervolglading (opgenomen in een lijst compatibele stoffen)<sup>69</sup>. Indien er geen sprake is van een compatibele vervolglading mag alleen ontlucht worden indien dit noodzakelijk is voor de veiligheid.

De regeling is opgenomen in de '20.BImSchV': 20. **Verordnung Bundes-Immisionsschutzgesetzes**.

Na 31/12/2005 geldt een totaal verbod op het ontgassen van benzine door binnenvaartschepen.

#### *België*

Momenteel geldt een verbod op het ontgassen van benzine door binnenvaartschepen. Onduidelijk is hoe dit in de praktijk wordt geïmplementeerd en gecontroleerd.

#### *Zwitserland*

Momenteel geldt de factor een verbod op het ontgassen van benzine door binnenvaarttankschepen, omdat het conform de ADNR verboden is om te ontgassen in de nabijheid van sluizen en hun voorhavens (7.2.3.7 ADNR). In Zwitserland vindt binnenvaart namelijk alleen plaats op de Rijn, vanaf Basel stroomafwaarts. Dit betekent dat er slechts zo'n 12 km bevaarbare rivier is, die geheel onder het ADNR valt én geheel in dichtbevolkt gebied ligt. Daarnaast is het van belang dat Zwitserland wel lid is van de CCR, maar niet van de EU<sup>70</sup>.

<sup>69</sup> In praktische zin komt de lijst neer op de volgende met benzine compatibele stoffen (als vervolglading óp benzine): UN1202 (dieselolie of gasolie of stookolie, licht), UN1203 (benzine of motorbrandstof), UN1268 (aardoliedestillaten n.e.g. of -aardolieproducten n.e.g.).

<sup>70</sup> De CCR is de Centrale Commissie voor de Rijnvaart. De rechtsgrondslag voor het werk van de CCR wordt gevormd door de herziene Rijnscheepvaartact.

### Nederland

Momenteel geldt een verbod op het ontgassen van benzine door binnenvaartschepen als de vervolglading ook benzine is. Daarbij heeft het gezamenlijke bedrijfsleven de verplichting op zich genomen om niet te ontgassen indien de vervolglading een met benzine compatibele stof is. Vanwege de situatie in Duitsland waar ontluchten van benzine door binnenvaartschepen geheel verboden gaat worden in 2006, is het Ministerie van V&W voornemens om per 1/1/2006 een totaalverbod te laten gelden op het ontgassen van benzine door binnenvaartschepen en per 1/1/2004 indien de vervolglading een met benzine compatibele stof is.

Tabel 57 Huidige status vrij ontluchten 'benzinedampen' (UN1203)

Nederland	Verbod bij vervolglading benzine (voornemen: 2004: verbod bij compatibiliteit, 2006: totaal)
Duitsland	Verbod bij met benzine compatibele stof als vervolglading (2006: totaal verbod)
Zwitserland	De factor totaal verbod
Frankrijk	??
Luxemburg	??
België	Totaal verbod

De besproken wet- en regelgeving is samengevat voor zover relevant voor dampverliezen van motorbrandstoffen bij vervoer per binnenvaartschip (lichter), bij het laden en lossen van lichters en bij opslag. We gaan achtereenvolgens in op de benzinedistributierichtlijn, de Acte van Mannheim, het Reglement vervoer gevaarlijke stoffen Rijn (ADNR) en het Scheepsafvalstoffenverdrag.

## F.2 Benzinedistributierichtlijn

Europese regelgeving rond distributie van brandstoffen is vastgelegd in de 'Europese benzine(distributie)richtlijn': *Richtlijn 94/63/EG van het Europese Parlement en de Raad van 20 december 1994 betreffende de beheersing van de uitstoot van vluchtige organische stoffen (VOS) als gevolg van de opslag en overslag van benzine en de distributie van benzine vanaf terminals naar benzinstations.*

De Europese richtlijn 94/63/EG, vaak benzinedistributierichtlijn genoemd, geeft richtlijnen om de VOS-emissies te reduceren die vrijkomen bij op-, overslag en distributie van benzine. Dit zijn in principe minimale eisen, die alle lidstaten binnen de gegeven termijn in hun wetgeving moeten opnemen.

In deze richtlijn is 'benzine' gedefinieerd als: een aardoliederivaat, met of zonder additieven, met een volgens de Reidmethode bepaalde dampdruk van 27,6 kPa of meer, dat voor gebruik als brandstof voor motorvoertuigen is bestemd, met uitzondering van vloeibaar petroleumgas (LPG).





Een belangrijk artikel in verband met het ontgassen van binnenvaartschepen is artikel 5c:

*Wanneer de mobiele tank na het lossen van de 'benzine' wordt gebruikt voor andere producten dan 'benzine', mag, wanneer dampterugwinning of voorlopige dampopslag onmogelijk is, ontluchting worden toegestaan in een geografisch gebied waar de emissies waarschijnlijk niet significant zullen bijdragen tot milieu- of gezondheidsproblemen.*

Dit artikel geeft staten de bevoegdheid om *al dan niet* een verbod in te stellen op ontlichten bij niet-dedicatie varen. Het geeft dus de mogelijkheid ontlichten toe te staan, maar geeft ook de mogelijkheid om (verdergaand dan de Richtlijn voorschrijft) een verbod in te stellen.

### **Technische voorschriften**

Een tweede belangrijk artikel uit de Benzinedistributierichtlijn is Artikel 4:

*De [technische] voorschriften [voor overslaginstallaties, bijlage II] zijn bedoeld om het totale jaarlijkse verlies aan benzine als gevolg van het vullen en ledigen van mobiele tanks bij terminals te verminderen tot onder de streefreferentiewaarde van 0,005 m/m gewichtspercent van het debiet.*

Verder staat hierover: [De bepalingen] moeten in nationale wetgeving zijn omgezet op 31/12/95 wat betreft nieuwe schepen en terminals en op 31/12/98 wat betreft bestaande schepen die geladen worden aan bestaande terminals met een debiet groter dan 150 kton/a.

De specificaties in Bijlage II (laad- en losinstallaties) komen wat betreft dampverliezen in het kort neer op het volgende. Dampen moeten via een dampretoursysteem direct naar een dampterugwinningseenheid (DTE) worden geleid. Bij overslag in schepen kan een DTE in bepaalde omstandigheden worden vervangen door een dampverbrandingseenheid (DVE) die voldoet aan dezelfde emissievoorschriften (35 g/Nm<sup>3</sup>). Op terminals met een debiet < 25 kton/a is voorlopige dampopslag toegestaan.

## **F.3 Acte van Mannheim**

De Acte van Mannheim is een rechtssysteem voor de Rijnoverstaten uit 1868.

De belangrijkste basisprincipes zijn (in dit kader):

- gelijke behandeling van alle schepen;
- uniforme voorschriften met betrekking tot de veiligheid van schip en scheepvaart;
- gemeenschappelijke rechtspraak voor scheepvaartzaken en Rijnvaartrechtbanken.

In de acte is vastgelegd dat er vrijheid van handel is in de breedste zin des woords op de Rijn tot aan de open zee. In die tijd was het beëindigen van tolheffing één van de belangrijkste consequenties van de acte. Overtredingen konden en kunnen op grond van de acte meteen strafbaar gesteld worden. Hiervoor is een aantal politiereglementen opgesteld waaronder het ADNR.

## F.4 Reglement vervoer gevaarlijke stoffen Rijn (ADNR)

Het ADNR heeft als oogmerk: veiligheid (bemanning en omwonenden). In Nederland is de inhoudelijke tekst van het ADNR met een AMvB (het VBG onder de Wet vervoer gevaarlijke stoffen) van toepassing verklaard voor alle binnenwateren (de normen gelden dus feitelijk in heel Nederland).

Het volgende artikel is belangrijk in het kader van ontgassen (de belangrijkste stukken zijn in rood aangegeven).

### 7.2.3.7 Ontgassen van lege ladingtanks

**7.2.3.7.1** Geloste of lege ladingtanks, die gevaarlijke stoffen van de Klasse 2, de Klasse 3 met Classificatiecode 'T' in 3.2, Tabel C, Kolom 3b), de Klasse 6.1 of de Klasse 8 met verpakkingsgroep I in 3.2, Tabel C, Kolom 4 hebben bevat **mogen slechts op door de plaatselijk bevoegde autoriteit aangewezen of voor dit doel toegelaten plaatsen worden ontgast**. Het ontgassen mag slechts door deskundige personen of door daartoe toegelaten firma's worden uitgevoerd.

**7.2.3.7.2** Geloste of lege ladingtanks, die andere als de onder 7.2.3.7.1 genoemde gevaarlijke stoffen hebben bevat, mogen tijdens de vaart met behulp van geschikte ventilatie-inrichtingen worden ontgast, mits de tankdeksels zijn gesloten en de afvoer van het gas/luchtmengsel via vlamkerende inrichtingen, die een duurbrand kunnen doorstaan, plaats vindt. Onder normale bedrijfsomstandigheden moet op de plaats van uittrekking van het gas/luchtmengsel de concentratie aan product minder dan 50% van de onderste explosiegrens bedragen. Geschikte ventilatie-inrichtingen bij de zuigende ontgassing mogen slechts met een direct op de zuigzijde van de ventilator aangebracht vlamkerende inrichting worden gebruikt. De gasconcentratie moet bij blazende of zuigende werking van de ventilatie-inrichtingen tijdens de eerste twee uren na het begin van het ontgassen ieder uur door een deskundige als bedoeld in 7.2.3.15 worden gemeten. De meetresultaten moeten schriftelijk worden vastgelegd. In de buurt van sluizen, inclusief hun voorhavens, is het ontgassen verboden.

**7.2.3.7.3** Indien het ontgassen van ladingtanks, die de in 7.2.3.7.1 genoemde gevaarlijke stoffen hebben bevat op de door de plaatselijk bevoegde autoriteit aangewezen of voor dit doel toegelaten plaatsen niet mogelijk is kan tijdens de vaart worden ontgast, mits:

- aan de in 7.2.3.7.2 genoemde voorwaarden is voldaan, waarbij echter de gasconcentratie in het uitgeblazen mengsel op de plaats van uittrekking niet meer dan 10% van de onderste explosiegrens mag bedragen;
- gevaar voor de bemanning is uitgesloten;
- alle toegangen en openingen van ruimten, die met de buitenlucht in verbinding staan zijn gesloten. Dit is niet van toepassing op lucht toevoeropeningen van de machinekamer en op overdruk-inrichtingen;
- de aan dek werkende bemanningsleden geschikte veiligheidsuitrusting dragen;
- dit niet in de nabijheid van sluizen, inclusief hun voorhavens, onder bruggen of in dichtbevolkte gebieden plaatsvindt.

**7.2.3.7.4** Het ontgassen moet worden onderbroken indien ten gevolge van ongunstige windomstandigheden buiten de ladingzone bij de woning, het stuurhuis of dienstruimten gevaarlijke gasconcentraties te verwachten zijn. De kritische toestand is bereikt zodra door middel van meting met behulp van een draagbare detectiemeter concentraties van meer dan 20% van de onderste explosiegrens in deze gebieden worden aangetoond.

**7.2.3.7.5** Indien na het ontgassen van de ladingtanks met behulp van de in 3.2, Tabel C, Kolom 18 genoemde apparaten is vastgesteld dat noch de concentratie brandbare gassen in de ladingtanks boven 10% van de onderste explosiegrens ligt, noch een van belang zijnde concentratie van giftige gassen vast te stellen is, dan mag de se invoering als bedoeld in 3.2, Tabel C, Kolom 19 worden weggenomen.

Het ADNR geeft geen bevoegdheid tot ontgassen, noch een verbod erop. Het geeft slechts aan onder welke randvoorwaarden er veilig kan worden ontgast, indien ontgassing is toegestaan.

Plaatselijke autoriteit in deze (7.2.3.7.1) is havenmeester of HID-RWS in NL.



## F.5 Scheepsafvalstoffen Verdrag

Dit verdrag is op 9 september 1996 tot stand gekomen met het oogmerk om internationaal afgestemde, uniforme regelingen te treffen om afval te voorkomen en de verzameling, afgifte en inname van afval te regelen. Dit vanuit een discussie over de bevoegdheden van de EU en de CCR, en over juridische prevalentie van regelgeving van de EU en de CCR. Het is tot stand gekomen met medewerking van de CCR en is een verdrag tussen de CCR-lidstaten (Duitsland, België, Frankrijk, Luxemburg, Nederland en Zwitserland)<sup>71</sup>. Nederland heeft het verdrag geratificeerd, de overige landen nog niet allemaal. Het is derhalve nog niet in werking. Het is niet de verwachting dat dit op korte termijn zal gebeuren<sup>72</sup>.

In deel B is het volgende opgenomen (artikel 7.04, lid 1):

Bij vloeibare lading dient de verlader ervoor te zorgen dat na het lossen de ladingtank nagelensd ter beschikking wordt gesteld. Het lossen en nalossen met behulp van nalenssysteem wordt door de schipper uitgevoerd [tenzij...].

Het ligt voor de hand om te zijner tijd een paragraaf aan het Scheepsafvalstoffenverdrag toe te voegen over dampen en gassen.

In het Verdrag is vastgelegd wie civiel verantwoordelijk is voor kosten en activiteiten. De 'ladingontvanger' wordt in het verdrag als verantwoordelijke aangewezen voor de kosten van het nalossen en wassen bij droge lading. Bij vloeibare lading draagt de verlader de kosten hiervan.

Het verdrag biedt de mogelijkheid om tussen verlader en ladingontvanger andere afspraken te maken over de kostenverdeling, mits deze geen effect hebben op de vervoerder.

## F.6 Beleidsmatige aspecten in Nederland

### *De Nederlandse situatie*

In Nederland is aan de Richtlijn 94/63/EG invulling gegeven met regelingen die onder VROM en V&W vallen. Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat speelt hierbij een rol omdat het internationale gezag over de binnenvaart berust bij de Centrale Commissie voor de Rijnvaart waarin het Ministerie van V&W de Nederlandse staat vertegenwoordigt.

In de Regeling benzinevervoer in mobiele tanks<sup>73</sup> is opgenomen dat wanneer dampterugwinning of voorlopige dampopslag onmogelijk is, ontluchting wordt toegestaan in alle vaarwateren. In de toelichting bij deze Regeling staat dat er bij de huidige stand der techniek geen mogelijkheden zijn voor dampterugwinning of voorlopige opslag bij niet-dedicatie varen.

Daarnaast heeft het Ministerie van VROM opgenomen in de Regeling op-, overslag en distributie<sup>74</sup> milieubeheer dat overslaginstallaties minimaal één

<sup>71</sup> Zwitserland, als Rijnsoeverstaat, is immers geen lid van de EU.

<sup>72</sup> België heeft aangegeven het verdrag niet te kunnen ratificeren (binnen de komende jaren).

<sup>73</sup> Staatscourant 251, 15 december 1995; gewijzigd: Staatscourant 131, 7 juli 1999. Deze regeling valt onder de Wet gevaarlijke stoffen.

<sup>74</sup> Staatscourant 250, 15 december 1995; gewijzigd: Staatscourant 105, 1998. Valt onder Wet Milieubeheer.

laadportaal moet omvatten waarmee ontgassen wordt voorkomen (artikel 4, lid 1,4). Echter, een laadportaal is gedefinieerd als een constructie waar benzine in een tankwagen kan worden geladen. Deze regeling heeft dus geen restrictieve invloed op benzinetransport per binnenvaart!

In het kader van de VOS problematiek zijn afspraken gemaakt tussen de EBU (European Barging Union), Europia, Cefic en Fetsa (Europese opslagbranche), die ook in de werkgroep 'ontgassen' van de CCR zitting hebben. De inhoud van deze overeenkomst komt kort neer op de zelfverplichting niet te 'ontgassen' (sic) voor afwisselende beladingen van benzine ('Ottokraftstof') en een aantal specifieke producten die vallen onder UN 1202, 1203 en 1268, plus nog enkele producten alleen als voorlading voor benzine. Met het oog op het beperken van vervuiling van vervolgladingen dienen schepen dan wel nagelensd (efficiënt strip) te worden.

De compatibiliteitslijst uit de zelfverplichting is overgenomen in de Duitse verordening 20.BimSchV. Deze zelfverplichting is sinds 1 april 2002 van kracht.



## G Wachtijdtheorie

De verwachte wachttijden zijn doorgerekend met het softwareprogramma Q1.0 van de technische universiteit van Eindhoven.

Uitgangspunt hierbij is dat het aankomstproces Poisson-verdeeld is, waarbij de tijd tot de volgende aankomst onafhankelijk is van de al verstreken tijd sinds de vorige aankomst. Dit komt overeen met een Markov-proces. Gemiddeld komen er  $\lambda$  (lambda) schepen per uur aan.

De bedieningsduur is constant en bedraagt 3,5 uur. Dit komt overeen met een gedegeneerd proces met bedieningsduur  $1 / \mu$ .

We doen alsof er 1 loket is, en hebben dan te maken met een M/D/1 proces. De bezettingsgraad  $\rho$  is dan gelijk aan  $\lambda / \mu$ .

De wachttijdtoename kunnen we nu bepalen door eerst  $\lambda$  te berekenen met behulp van de formule voor de verwachte wachttijd, welke we bijvoorbeeld kunnen veronderstellen op een half uur. Dan volgt dat:

$$E(T_w) = (1 / \mu) * [\rho / (2 * (1 - \rho))] = 0,5$$

Hieruit volgt dat de huidige bezettingsgraad gelijk is aan 0,22 en dat er gemiddeld 0,06 schepen per uur binnenkomen ( $\lambda = 4 / 63 = 0,063$ ). Wanneer het aantal schepen door dedicatie- en compatibiliteitsvaart met 30% toeneemt ( $[(1844 - 1416) / 1416 = 0,30]$ ) zullen er gemiddeld ook 30% meer schepen per uur binnenkomen,  $\lambda$  wordt dus 0,083.

De verwachte wachttijd kunnen we weer met de formule uitrekenen. We vullen hier de nieuwe bezettingsgraad in en dit geeft een verwachte wachttijd van 0,71, ofwel 42 minuten en 45 seconden, een stijging van 42,5 procent.