

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

website: www.ce.nl

Besloten Venootschap

KvK 27251086

Ontgassen van lichters

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

Samenvattingen

Samenvattingen

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

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

Inhoud

Samenvatting	1
Executive summary	7
Zusammenfassung	13
Résumé	21

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 % ontlucht	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 ¹	0,62 ¹
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				1,81	1,67	

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

¹ Ontluchttingspercentage voor UN1203 in Duitsland is 14% i.p.v. 23%, 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 kostentoerekening (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 CO₂, SO₂ en NO_x-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 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. 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 CO₂, SO₂ en NO_x. 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.

Table 1 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.



Table 1 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 ¹	0.62 ²
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				1.81	1.67	

The table shows that VOC-emissions in the Netherlands resulting from the transport of UN1203 are about 0.7 kttons per year, and from all substances considered, about 1.8 kttons. 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;
- absorption of the gases on board the vessel;

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

- '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 CO₂, SO₂ and NO_x 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 CO₂, SO₂ and NO_x. 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.



Zusammenfassung

Anlass für die Untersuchung

Unter Entgasung ist in dieser Untersuchung das Absaugen oder Ablassen von Dämpfen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC = volatile organic compounds) aus den Ladetanks von Schiffen zu verstehen, die Erdölderivate befördern. Die Entgasung erfolgt für gewöhnlich nach dem Löschen der Ladung, wenn sich noch Dämpfe und Ladungsreste in den Tanks befinden. Diese müssen beseitigt werden, bevor neue, nicht mit dem gelöschten Produkt kompatible Stoffe befördert werden können.

Das Ministerium für Verkehr, Wasserwirtschaft und öffentliche Arbeiten plant, die Ableitung von Benzindämpfen aus Binnenschiffen oder Leichtern in die Atmosphäre zu verbieten. Damit folgen die Niederlande dem Beispiel Deutschlands, das solche Entgasungen ebenfalls verbieten will, und der anderen Mitgliedstaaten der Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR), in denen bereits ein vollständiges Verbot für die Ableitung von Benzindämpfen in die Atmosphäre gilt. Durch eine einheitliche Regelung in all diesen Ländern kann verhindert werden, dass international verkehrende Binnenschiffe in den Niederlanden entgasen, dass es also zu einer Art Entgasungstourismus kommt, weil dies in anderen Ländern verboten ist.

Ein Verbot der Entgasung in die Atmosphäre ist lediglich für Benzin, also UN1203, vorgesehen. Allerdings ist Benzin nicht der einzige Stoff, bei dem bei einer solchen Entgasung VOC-Emissionen auftreten. Bei Transporten von UN1230 (Methanol), UN1114 (Benzen), UN1268 (Erdöldestillate), UN3295 (Kohlenwasserstoffe, flüssig), UN1993 (entzündbarer flüssiger Stoff) und UN2398 (Methyl-tert-butylether) und von UN1203, also Benzin, entstehen etwa 80 % der gesamten durch Entgasungen verursachten VOC-Emissionen.

In früheren Untersuchungen wurde davon ausgegangen, dass es hier um recht umfangreiche Emissionen geht, die zwischen 1 und 10% der gesamten VOC-Emissionen in den Niederlanden ausmachen. Da aber diese Emissionsquelle bisher nicht reglementiert war, sah man kaum Veranlassung für weiter gehende Untersuchungen nach dem tatsächlichen Umfang der Emissionen, und somit lagen auch keine genaueren Daten vor. Außerdem war unklar, wie ein eventuelles Entgasungsverbot eingehalten werden könnte.

Fragestellung

Die zentrale Frage in dieser Untersuchung lautet:

Wie viele VOC-Emissionen entstehen jährlich in den Niederlanden durch Entgasungen in die Atmosphäre und wie können die Betroffenen ein gesetzliches Verbot solcher Entgasungen effektiv (kostengünstig und praktikabel) einhalten?

Angesichts dieser zweiteiligen Fragestellung gliedert sich auch die Untersuchung selbst in zwei Teile:

- 1 *Ermittlung der Emissionen*: Wie viele Kilotonnen VOC gelangen durch Entgasungen von Binnenschiffen in die Atmosphäre?
- 2 *Effektivität*: Wie lässt sich das geplante Verbot in der Praxis und mit möglichst geringen Kosten befolgen?

Die Untersuchung bezieht sich in beiden Teilen sowohl auf den Transport von UN1203 als auch von anderen Stoffen. Da das geplante Verbot aber im Prinzip lediglich für den Transport von UN1203 gelten soll, wird in Bezug auf diesen Stoff genauer verfahren.

Ermittlung der Emissionen

Es gibt zwei Möglichkeiten, Dämpfe aus Ladetanks zu entfernen:

- Entgasung; dabei werden die Dämpfe mittels Ventilatoren aus den Tanks ins Freie geblasen oder in einer Gasrückgewinnungsanlage verarbeitet (kontrollierte Entgasung);
- Gasrückgabe; dabei werden die Dämpfe beim Beladen aus den Tanks gedrückt und können eventuell einem konventionellen Gasrückführungssystem zugeführt werden.

Zu umfangreichen VOC-Emissionen kommt es nur, wenn die Dämpfe nicht verarbeitet werden.

Zur Ermittlung des Ausmaßes der jährlich anfallenden VOC-Emissionen wurde eine umfangreiche Datenbank des Beratungsdienstes für Transport und Verkehr (Adviesdienst Verkeer en Vervoer/AVV) verwendet, in der alle Fahrten in der Binnentankschifffahrt im Jahr 2002 registriert sind. Anschließend wurde für jeden der Stoffe UN1203, UN1230, UN1114, UN1268, UN3295, UN1993 und UN2398 ermittelt, wie viele Fahrten stattgefunden haben, wie viele Millionen Tonnen insgesamt gelöscht wurden, bei wie vielen Millionen Tonnen die darauf folgende Ladung aus Stoffen derselben UN-Nummer bzw. aus Stoffen bestand, für die keine Reinigung des Tanks erforderlich ist (Einheitstransport), bei wie vielen Millionen Tonnen für die folgende Ladung eine Reinigung und bei wie vielen eine Entgasung erforderlich war. So kann der Prozentsatz der Entgasungen berechnet werden. Dabei erfolgte dann noch eine Einteilung nach Fahrten innerhalb der Niederlande, aus den Niederlanden, durch die Niederlande und in die Niederlande.

Die VOC-Emission wurde berechnet, indem für jede UN-Nummer der Entgasungsprozentsatz mit der Gasmenge multipliziert wurde, die nach dem Löschen der Ladung in den Tanks zurückbleibt. Diese Gasmengen werden wiederum anhand der Menge der gelöschten Ladung, einiger physikalischer Größen – Dichte, Druck, Sättigungsgrad, Durchschnittstemperatur – und der durchschnittlichen Menge an flüssiger Ladung berechnet, die nach dem Löschen noch im Schiff verbleibt. Eine Übersicht über die Annahmen, die möglichen Abweichungen und die Unsicherheiten in Bezug auf bestimmte Emissionen findet sich in Kapitel 4.

Tabelle 1 enthält eine Übersicht über die im Rahmen dieser Untersuchung ermittelten VOC-Emissionen. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Emissionen in der Nähe des Entladeortes auftreten. Daher fallen Emissionen nach Transporten in die Niederlande oder innerhalb der Niederlande in die Kategorie „in den Niederlanden“, Emissionen nach Transporten durch die Niederlande oder aus den Niederlanden dagegen in die Kategorie „in Deutschland+ (mit Transport durch die Niederlande)“. Das + steht für die Länder im Hinterland. Der größte Teil in dieser Kategorie entfällt auf Deutschland selbst, der Rest hauptsächlich auf die Schweiz.



Tabelle 1 VOC-Emissionen (ermittelt anhand der Transportdaten für das Jahr 2002)

	Emissionsfaktor	durchschnittlich entlüftet (in %)	Löschgewicht (gesamt)	FOV-/VOC-Emissionen		
				in den NL	in D+	in D+
			insgesamt: in, durch, aus oder nach NL	mit Transport durch NL	ohne Transport durch NL	
	kt/Mt	%	Mt	kt	kt	kt
UN1203	0,93	23	7,17	0,70	0,50 ¹	0,62 ³
UN1268	0,20	60	3,74	0,15	0,29	0,17
UN3295	0,38	93	2,45	0,49	0,38	keine Angaben
UN1114	0,22	70	1,27	0,08	0,11	keine Angaben
UN1230	0,16	88	1,27	0,02	0,16	keine Angaben
UN1993	0,24	96	0,77	0,11	0,07	keine Angaben
UN2398	0,65	97	0,66	0,26	0,16	keine Angaben
INSGESAMT				1,81	1,67	

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass in den Niederlanden jährlich VOC-Emissionen von etwa 0,7 kt durch den Transport von UN1203 und 1,8 kt durch den Transport aller in die Untersuchung einbezogenen Stoffe verursacht werden. Dies entspricht höchstens 0,65% der gesamten VOC-Emissionen in den Niederlanden, also vermutlich erheblich weniger, als in früheren Studien angegeben. Die Ergebnisse sind mit gewissen Unsicherheiten verbunden. In Bezug auf UN1203 sind diese allerdings gering. Am wenigsten Klarheit besteht in Bezug auf UN3295, da diese Kategorie eine Vielzahl verschiedener Stoffe umfasst.

Mögliche Lösungen

Nicht immer ist ein Entgasen notwendig. Wenn ein Schiff die gleiche Art von Ladung befördert, die zuvor gelöscht worden ist (also bei Einheitstransporten), werden die Gase während des Ladevorgangs einem Gasrückführsystem zugeführt, wenn ein solches vorhanden ist. Die heutigen Systeme eignen sich allerdings wegen der unterschiedlichen Konzentration des betreffenden Stoffes in den Gasen nicht für die Entgasung eines Schiffs, das nicht beladen wird, also für eine kontrollierte Entgasung. Bei der Gasrückgabe beim Laden ist diese Konzentration um ein Vielfaches höher als bei einer kontrollierten Entgasung, bei der die Dämpfe mit mehr Luft vermischt sind.

³ Der Entlüftungsprozentsatz für UN1203 in Deutschland beträgt 14% anstelle von 23%, da dort das Entlüften auch bei der Beförderung von Wechselladungen zwischen Stoffen einer Kompatibilitätsliste verboten ist.

Um ein Entweichen der Dämpfe zu verhindern sind also neue Maßnahmen erforderlich. Dabei gibt es fünf Möglichkeiten:

- obligatorische Einheitstransporte; in der Binnenschifffahrt werden alle Situationen, die ein Entgasen notwendig machen, vermieden;
- Bau einer Gasrückgewinnungsanlage wie bei der Abfallverarbeitung Rijnmond (Afvalverwerking Rijnmond/AVR), bei der Schiffe ihre Laderäume entgasen lassen können;
- Ausstattung der Schiffe mit Dual-Fuel-Motoren, mit denen auch Gase aus den Laderäumen verbrannt werden können;
- Absorption der Gase an Bord der Schiffe;
- „Spülen“ der Laderäume mit Wasser oder Stickstoff mit Nutzung der Gasrückgabe.

In dieser Untersuchung wurden die beiden erstgenannten Optionen als die sinnvollsten erachtet; allerdings könnte, nach einer eingehenden Prüfung der Sicherheitsaspekte, auch die dritte interessant sein. Diese gehört aber nicht in den Rahmen dieser Untersuchung, da solche Motoren gemäß ADNR derzeit verboten sind.

Einheitstransporte

Einheitstransporte bringen vor allem zusätzliche Fahrkilometer mit sich. Für den Transport von UN1203 wurde im Rahmen dieser Untersuchung berechnet, dass die Fahrkilometer um höchstens etwa 7% zunehmen würden. Dies verursacht natürlich auch zusätzliche Kosten, die in folgende Kategorien unterteilt werden können:

- 1 Weil keine Fahrten mit nicht kompatibler Ladung mehr möglich sind, kommt es häufiger zu Leerfahrten; die dadurch entstehenden Kosten sind unterteilt in Arbeits-, Brennstoff- und Wartungskosten.
- 2 Da nicht mehr die nächstliegende Ladung befördert werden kann, kommt es zu weniger Fahrten und damit zu einem Verlust an logistischer Effizienz; geringere Erträge pro Schiff.
- 3 Kosten infolge längerer Wartezeiten bei den bestehenden Gasrückgewinnungsanlagen, da diese intensiver benutzt werden.

Die Zusatzkosten werden sich, je nach Art der Kostenzurechnung (Faktor 2) und der Reichweite des Verbots (Faktor 2,5: lediglich für Ladung, die in den Niederlanden gelöscht wird oder aber für alle Transporte) auf 0,25 bis 1,25 Millionen Euro jährlich belaufen. Somit ergeben sich für UN1203 für jedes kg nicht in die Atmosphäre entgaster VOC zusätzliche Kosten von 0,8 bis 1,7 Euro, also relativ wenig im Vergleich zu den Maßnahmen, die in der Industrie mit Blick auf die Umsetzung der NEC-Richtlinien untersucht worden sind (NEC = national emission ceilings/nationale Emissionsobergrenzen). Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass obligatorische Einheitstransporte eine kostengünstige Möglichkeit bieten, um vor allem die VOC-Emissionen infolge der Transporte von UN1203 zu reduzieren.

Wenn allerdings das geplante Entgasungsverbot auf andere Stoffe ausgeweitet wird, erhöhen sich die Kosten für obligatorische Einheitstransporte auf etwa 3,5 Millionen Euro jährlich; auf jedes kg nicht in die Atmosphäre gelangter VOC würden durchschnittlich etwa 1,7 bis 3,2 Euro entfallen. Es kann also festgestellt werden, dass auch die VOC-Emissionen infolge von Transporten anderer Stoffnummern zu relativ geringen Kosten durch obligatorische Einheitstransporte reduziert werden können. Hierbei gibt es allerdings zwei Ausnahmen: UN1230 und UN1993. Bei diesen Stoffen wären obligatorische Einheitstransporte mit hohen Zusatzkosten (im Vergleich zu allgemeinen VOC-reduzierenden Maßnahmen) verbunden. Deshalb wäre es sinnvoll, diese Stoffe von einer eventuellen Ausweitung des Verbots auszunehmen.



Obligatorische Einheitstransporte hätten auch negative Auswirkungen auf die Umwelt. Vor allem würden mehr CO₂-, SO₂- und NO_x-Emissionen anfallen. Die hierdurch entstehenden Umweltschäden werden – für alle Stoffe zusammen – auf etwa 1,5 Millionen Euro jährlich geschätzt. Betrachtet man ausschließlich die Transporte von UN1203, belaufen sich die geschätzten Umweltkosten auf gut 0,2 Millionen Euro.

Bau von Gasrückgewinnungsanlagen zur Entgasung

Wenn zur Umsetzung des Verbots Gasrückgewinnungsanlagen gebaut werden sollen, stellt sich die Frage, wie viele Anlagen in den Niederlanden erforderlich sind und welche Standorte in Frage kommen, damit das Verbot auch eingehalten werden kann.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden sechs mögliche Varianten geprüft. Die wichtigste Erkenntnis besteht darin, dass die Zahl der Schiffe, die UN1203 transportieren, in den Niederlanden zu gering ist, um eine Gasrückgewinnungsanlage rentabel zu machen. Die Gesamtkosten wären drei- bis zehnmal so hoch wie bei obligatorischen Einheitstransporten.

Wenn das Entgasungsverbot auf andere Stoffe ausgeweitet wird, wären die Kosten für den Bau einer solchen Anlage am günstigsten Standort (im Rotterdamer Hafen) immer noch zweimal so hoch, wie bei der Einführung obligatorischer Einheitstransporte für die betreffenden Stoffe. Außerdem könnte in dieser Anlage nicht nach allen in den Niederlanden stattfindenden Transporten entgast werden.

Der Bau einer Gasrückgewinnungsanlage zur Entgasung würde sich erst dann rentieren, wenn die Anlage in mindestens 50% der Zeit von Schiffen genutzt würde. Bei einer so hohen Auslastung nähmen allerdings die Wartezeiten für die Schiffe enorm zu. Da eine Entgasung mindestens vier bis sechs Stunden dauert, würde dies für die Schiffsführer enorme Verluste mit sich bringen.

Bei der Analyse ergab sich übrigens für den Bau einer Gasrückgewinnungsanlage mit Gasmotor ein besseres Umweltprofil als für die Einführung obligatorischer Einheitstransporte. Monetarisiert man auch die Umweltauswirkungen, so lässt sich feststellen, dass die Kosten für den Bau einiger Gasrückgewinnungsanlagen mit Gasmotoren im Rotterdamer Hafen in etwa mit denjenigen vergleichbar sind, die bei obligatorischen Einheitstransporten entstehen würden (einschließlich Umweltkosten). Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass sich, auch wenn Gasrückgewinnungsanlagen verfügbar sind, wahrscheinlich mehr Schiffe auf Einheitstransporte verlegen und damit die Kosteneffektivität in der Praxis wohl nicht erreicht wird.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Schlussfolgerungen und Empfehlungen dieses Berichts lauten:

- 1 Die gesamten VOC-Emissionen infolge von Entgasungen von Binnenschiffen wurden erstmals genau quantifiziert. Sie sind viel geringer als bisher angenommen und belaufen sich auf ca. 1,8 k Jahrestonnen in Bezug auf die Transporte der wichtigsten Stoffe.
- 2 Eine Analyse der Kosten und der Durchführbarkeit hat ergeben, dass das Entgasungsverbot bei Transporten von UN1203 am besten durch Einheitstransporte umgesetzt werden kann. Sollten die Schiffe aus irgendwelchen Gründen nicht zu Einheitstransporten bereit sein, können bei der Abfallverarbeitung Rijnmond (AVR) Entgasungen durchgeführt werden.

- 3 Eine weitere kosteneffektive Maßnahme bestünde darin, das Entgasungsverbot auf die Stoffnummern UN1114 (Benzen), UN1268 (Erdöldestillate, nicht anders genannt) und UN2398 (Methyl-tert-butylether) auszuweiten. Dies wäre vor allem deshalb sinnvoll, weil hier die Kosten für die Reduzierung der VOC-Emissionen im Durchschnitt geringer wären als in der Industrie. Vor einer Ausweitung des Verbots auf UN3295 wären zusätzliche Untersuchungen wünschenswert, da keine gesicherten Daten über die Emissionen vorliegen. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen aber vermuten, dass auch bei diesen Stoffen VOC-Emissionen durch Einheitstransporte kosteneffektiv vermieden werden können.
- 4 Auch bei einer Ausweitung des Verbots auf mehrere Stoffnummern wäre der Bau einer Gasrückgewinnungsanlage in jedem Fall teurer als die Einführung obligatorischer Einheitstransporte, da zwar die Investitionskosten je Schiff bei einer höheren Auslastung der Anlage abnehmen, die Wartezeiten und die damit verbundenen Kosten aber proportional dazu ansteigen. Einheitstransporte sind also der kosteneffektivste Weg zur Reduzierung der VOC-/FOS-Emissionen. Darüber hinaus könnten sich die Schiffer trotz des Baus von Gasrückgewinnungsanlagen für Einheitstransporte zur Einhaltung des Verbots entscheiden.
- 5 Einheitstransporte sind allerdings mit zusätzlichen CO₂-, SO₂- und NO_x-Emissionen verbunden. Wenn man die damit verbundenen Kosten berechnet, ergeben sich für die Einführung obligatorischer Einheitstransporte Gesamtkosten, die in etwa den Kosten für den Bau einiger Gasrückgewinnungsanlagen mit Gasmotor entsprechen. Dabei ist allerdings anzumerken, dass sich die Kosten im Zusammenhang mit der Benutzung von Gasrückgewinnungsanlagen stark erhöhen können, wenn die Wartezeiten zu lang werden, und die Schiffer sich daher doch für Einheitstransporte entscheiden.
- 6 Da über die Emissionen im Zusammenhang mit UN3295 keine gesicherten Daten vorliegen, wären zusätzliche Untersuchungen wünschenswert, bevor eine Ausweitung des Entgasungsverbots auch auf Transporte dieser Stoffkategorie beschlossen wird.
- 7 Um sowohl bei Einheitstransporten als auch bei Entgasungen an Gasrückgewinnungsanlagen die Kontrolle über die Einhaltung des Verbots gewährleisten zu können, müsste ein Ladungsjournal o.Ä. geführt werden. Schließlich hätten die Schiffer bei beiden Möglichkeiten Grund zur illegalen Entgasung in die Atmosphäre: bei obligatorischen Einheitstransporten, um so die zusätzlichen Fahrkilometer zu vermeiden, und bei der Nutzung von Gasrückgewinnungsanlagen, um Wartezeiten und die damit verbundenen Kosten zu vermeiden. Mögliche Maßnahmen, um solche Umgehungen des Entgasungsverbots zu verhindern, wurden im Rahmen dieser Studie nicht untersucht.
- 8 Die Sicherheitsrisiken dürften bei häufigeren Leerfahrten durch obligatorische Einheitstransporte nicht erheblich zunehmen. Verschiedene Untersuchungen ergaben, dass die Auswirkungen auf die Sicherheit nicht genau vorherbestimmt werden können. Allerdings würde die Gesamtzahl der Fahrten auf niederländischen Binnengewässern um etwa 7% ansteigen, was auch eine Erhöhung des Unfallrisikos bedeutet. Ob dies zu einer signifikanten Verschiebung der Sicherheitsmargen führen würde, wurde im Rahmen dieser Studie nicht untersucht.

Die in dieser Untersuchung gemachten Angaben sowohl zu den Kosten als auch zu den Emissionen sind mit einiger Vorsicht zu interpretieren, da viele Unsicherheitsfaktoren im Spiel sind. In Bezug auf die Emissionen liegen die Abweichungen schätzungsweise in einer Größenordnung von 27% für



UN1203 bis zu 55% für andere Stoffe. Bei den Kosten wurden die Unsicherheiten nicht beziffert, aber eine Schwankungsbreite von etwa 30–40% ist bei Untersuchungen dieser Art normal. Die Unsicherheiten in Bezug auf die Kosten entstehen durch dynamische Effekte (wie reagiert der Markt bei Einführung eines Entgasungsverbots?) und vor allem durch die nicht zu beziffernden Wartekosten für die Schiffer. In dieser Untersuchung wurde diesbezüglich von theoretischen Annahmen ausgegangen, aber die Kosten können stark ansteigen, wenn sich zeigen sollte, dass Entgasungen bevorzugt zu bestimmten Tageszeiten durchgeführt werden (z.B. abends).

Die Kosten hängen also in hohem Maße davon ab, wie der Markt auf ein Entgasungsverbot reagiert: Wenn trotz der Möglichkeit, bei einer Gasrückgewinnungsanlage entgasen zu lassen, mehr Einheitstransporte durchgeführt werden, ist der Bau einer Entgasungsanlage letztendlich erheblich teurer als in dieser Untersuchung berechnet.



Résumé

Introduction

Par dégazage, on entend l'opération qui consiste à éliminer, activement ou non, les vapeurs émanant de composés organiques volatils (COV) des citernes des bateaux transportant des produits pétroliers. Le dégazage a normalement lieu après le déchargement de la cargaison, lorsque les cuves contiennent encore des vapeurs et des résidus d'hydrocarbures. Ceux-ci doivent être éliminés avant que les cuves puissent être remplies de nouveaux produits non compatibles.

Le ministère néerlandais des transports, des travaux publics et de la gestion des eaux a annoncé son intention d'interdire, à compter du 1^{er} janvier 2006, le dégazage des bateaux de navigation intérieure transportant de l'essence. Ils suivront ainsi l'exemple de l'Allemagne, qui entend également interdire le dégazage, et des autres États membres de la Commission centrale pour la navigation du Rhin (CCNR), où l'interdiction totale de dégazage est déjà en vigueur pour les bateaux transportant de l'essence. En harmonisant leur législation avec celle des pays voisins, les Pays-Bas pourront prévenir le 'tourisme de dégazage', les bateliers choisissant précisément de dégazer leurs citernes aux Pays-Bas parce que cette opération est interdite dans les autres pays.

L'interdiction prévue ne concerne que l'essence (UN1203). Mais l'essence n'est pas la seule matière qui produise des émissions de COV lors du dégazage. Il est apparu que les transports notamment de méthanol (UN1230), de benzène (UN1114), de distillats de pétrole (UN1268), d'hydrocarbures avec d'éventuels composants cancérigènes (UN3295), de liquides inflammables avec d'éventuels composants cancérigènes (UN1993) et de MBTE (UN2398) représentent, avec les transports d'essence (UN1203), environ 80% des émissions de COV dues au dégazage.

Les études précédentes ont toujours admis qu'il s'agissait de quantités importantes d'émissions, variant entre 1 et 10% du total des émissions de COV-produites par les Pays-Bas. Comme cette source d'émission n'était pas réglementée jusqu'ici, il n'y avait guère lieu de procéder à des études approfondies sur le volume réel de ces émissions, à propos duquel on savait dès lors peu de choses. Par ailleurs, on ne savait pas comment faire respecter une éventuelle interdiction de dégazage.

Thème de l'étude

La question centrale à laquelle s'efforce de répondre l'étude est la suivante:

Quel est le volume annuel des émissions de COV aux Pays-Bas consécutives au dégazage et comment satisfaire efficacement, du point de vue des coûts et de la faisabilité, à une interdiction légale de dégazage ?

La question étant en fait double, l'étude s'articule très logiquement autour de deux grands chapitres:

- 1 *Détermination des émissions*: à combien de kilotonnes s'élèvent les émissions de COV consécutives au dégazage de péniches?

- 2 *Efficacité*: comment satisfaire efficacement à l'interdiction prévue, en considération des coûts et de la mise en œuvre de mesures éventuelles?

L'étude se propose d'analyser les émissions et l'efficacité d'une interdiction du dégazage, aussi bien pour le seul transport d'essence (UN1203) que pour le transport des autres matières. L'interdiction prévue devant en principe s'appliquer exclusivement au transport d'UN1203, les émissions et les coûts seront déterminés avec plus de précision pour cette matière que pour les autres.

Détermination des émissions

Il existe deux manières d'éliminer les vapeurs des citernes:

- le dégazage par expulsion des vapeurs hors des citernes au moyen de ventilateurs, que ce soit ou non pendant la navigation, les vapeurs étant rejetées directement à l'air libre (dégazage non contrôlé) ou traitées par une installation de traitement des vapeurs (dégazage contrôlé);
- par retour de vapeurs, les vapeurs se trouvant expulsées au moment du remplissage des citernes, que ce soit ou non en passant par une installation classique de traitement des vapeurs au dégazage.

Ce n'est que dans le cas où les vapeurs ne sont pas traitées qu'il y a des émanations importantes de COV.

Pour déterminer le volume annuel des émissions de COV, on a eu recours à une importante banque de données — mise à disposition par le Service consultatif sur la Circulation et les Transports (AVV) du ministère — où sont enregistrés tous les mouvements de navigation qui ont eu lieu en 2002 en bateau-citerne. On a ensuite déterminé pour chacune des matières considérées (UN1203, UN1230, UN1114, UN1268, UN3295, UN1993 et UN2398) le nombre de voyages effectués, le nombre total de millions de tonnes déchargées, le nombre de voyages immédiatement suivis d'un voyage avec la même cargaison (même matière UN), le nombre de voyages immédiatement suivis d'un voyage avec une cargaison compatible, le nombre de voyages immédiatement suivis d'un voyage avec une cargaison non compatible et le nombre de voyages immédiatement suivis d'un dégazage. Cela a permis de calculer le taux de dégazage. On a en outre affiné les données en établissant une distinction entre les voyages intérieurs, les voyages effectués à partir des Pays-Bas, les voyages transitant par les Pays-Bas et les voyages à destination des Pays-Bas.

Les émissions de COV ont été calculées en multipliant — pour chaque matière UN — le taux de dégazage par la quantité de vapeurs qui restent dans les citernes après le déchargement du bateau. Quant aux quantités de vapeurs, elles sont déterminées par le volume des cargaisons déchargées, un certain nombre de grandeurs physiques — densité, pression de vapeur, taux de saturation, température moyenne — et la quantité moyenne de cargaison liquide qui reste dans les citernes après le déchargement du bateau. Le chapitre 4 de l'étude donne un aperçu des hypothèses, des différentes variantes et des incertitudes en ce qui concerne les émissions déterminées.

Le tableau ci-dessous donne un aperçu des émissions de COV que l'étude a permis de quantifier, étant entendu que les émissions sont supposées avoir lieu à proximité du lieu de déchargement. C'est pourquoi les émissions consécutives à des transports intérieurs ou à destination des Pays-Bas sont considérées comme des émissions ayant eu lieu 'aux Pays-Bas', et les émissions consécutives à des transports transitant par les Pays-Bas ou en



provenance des Pays-Bas comme des émissions ayant eu lieu 'en Allemagne'. Le signe + indique que l'arrière-pays de l'Allemagne est également pris en compte ; la plus grande partie des émissions de cette catégorie ont lieu en Allemagne, le reste principalement en Suisse.

Tableau 1 Émissions de COV (sur la base des données de 2002)

	Coefficient d'émission	Taux moyen de désaération	Poids total des matières déchargées	Émissions de COV		
				Aux Pays-Bas	En Allemagne +	En Allemagne +
			Toutes catégories confondues		Transit par les Pays-Bas compris	Transit par les Pays-Bas non compris
	en kilotonnes/ millions de tonnes	en %	en millions de tonnes	en kilotonnes	en kilotonnes	en kilotonnes
UN 1203	0,93	23	7,17	0,70	0,50 ¹	0,62 ¹
UN 1268	0,20	60	3,74	0,15	0,29	0,17
UN 3295	0,38	93	2,45	0,49	0,38	pas de données
UN 1114	0,22	70	1,27	0,08	0,11	pas de données
UN 1230	0,16	88	1,27	0,02	0,16	pas de données
UN 1993	0,24	96	0,77	0,11	0,07	pas de données
UN 2398	0,65	97	0,66	0,26	0,16	pas de données
TOTAL				1,81	1,67	

Le tableau montre que les émissions de COV aux Pays-Bas provenant du transport d'UN1203 s'élèvent à environ 0,7 kilotonne par an; pour l'ensemble des matières considérées, elles sont de 1,8 kilotonne par an. Cela représente au plus 0,65% du total des émissions de COV aux Pays-Bas: ces estimations sont donc beaucoup moins élevées que celles qu'avaient révélées des études antérieures. Il y a un certain coefficient d'incertitude à propos des résultats, mais il est assez limité pour l'UN1203. C'est pour l'UN3295 que le coefficient d'incertitude est le plus élevé, cette catégorie comprenant une grande variété de matières.

Solutions possibles

Il n'est pas toujours nécessaire de dégazer. Lorsque qu'un bateau charge la même cargaison ou le même type de cargaison (matières compatibles) que celle qui a été déchargée, les vapeurs sont traitées, pendant le chargement, au moyen d'une installation de traitement des vapeurs, s'il y en a une. Toutefois, les installations de traitement des vapeurs qui existent actuellement ne conviennent pas pour le dégazage d'un bateau en dehors du temps de chargement, c'est-à-dire pour un dégazage non contrôlé. Cela provient de la

¹ Le taux moyen de désaération pour l'UN 1203 est de 14% en Allemagne au lieu de 23% aux Pays-Bas, car en Allemagne la désaération est également interdite en cas de transport de matières compatibles.

différence de concentration dans les vapeurs de la matière chargée: en cas de retour de vapeurs pendant le chargement, cette concentration est beaucoup plus élevée qu'en cas de dégazage contrôlé, où les vapeurs sont mélangées à de plus grandes quantités d'air.

Si l'on veut prévenir le dégagement de vapeurs, il faut donc prendre de nouvelles mesures. Cinq options sont possibles:

- obliger les bateliers à transporter toujours la même matière ou des matières compatibles, de manière à éviter, dans la navigation intérieure, toutes les situations où un dégazage s'impose;
- construire des installations de traitement des vapeurs analogues à celle qui est en usage à la station de traitement des déchets de la région du Rijnmond, où les bateaux puissent faire procéder au dégazage de leurs citernes;
- monter à bord des bateaux un moteur à bicarburant permettant aussi la combustion des gaz des citernes;
- faire absorber les gaz à bord des bateaux;
- 'rincer' les citernes des bateaux – en utilisant les retours de vapeurs – avec de l'eau ou de l'azote.

L'étude décrit les deux premières options comme étant les plus intéressantes, étant entendu que la troisième option pourrait l'être aussi moyennant une étude de sécurité approfondie quant aux effets d'une telle mesure. Mais cette option sort du cadre de l'étude, cette possibilité étant pour le moment interdite par l'ADNR (Accord relatif aux transports de matières dangereuses sur le Rhin).

Transport de la même matière ou de matières compatibles

Cette option se traduit surtout par un accroissement du nombre de kilomètres parcourus. L'étude a calculé que le nombre total de kilomètres parcourus augmenterait d'environ 7% au plus pour le transport d'UN1203. Cela entraîne évidemment des coûts supplémentaires, lesquels peuvent se diviser en trois catégories:

- 1 Kilomètres supplémentaires à parcourir du fait que les transports successifs de matières non compatibles sont totalement exclus et qu'il y aura donc plus de voyages à vide. Ces coûts comprennent la main-d'œuvre, le carburant et l'entretien.
- 2 Perte d'efficacité du point de vue logistique, puisqu'il n'est plus possible de charger la cargaison la plus efficace et que les bateaux effectuent donc moins de voyages par an, d'où une moindre rentabilité par bateau.
- 3 Allongement des temps d'attente aux installations de traitement des vapeurs, puisque celles-ci seront davantage utilisées.

Ces surcoûts varient de 0,25 à 1,25 million d'euros par an, selon la méthode retenue pour l'imputation des coûts (coefficient 2) et le champ d'application de l'interdiction (coefficient 2,5: uniquement pour le déchargement aux Pays-Bas ou pour tous les transports). Pour l'UN1203, les coûts varient de 0,80 à 1,70 euro par kilo de COV dont l'émission est évitée. C'est relativement bon marché si l'on compare ce montant aux effets des mesures étudiées dans l'industrie dans le cadre de la mise en œuvre des directives sur les plafonds nationaux d'émission. On peut donc affirmer, en conclusion, que cette option (transport de la même matière ou de matières compatibles) représente une stratégie économiquement efficace pour réduire les émissions de COV résultant des transports d'UN1203.

Si l'interdiction de dégazage prévue est étendue aux autres matières, les coûts totaux de transport de matières compatibles seront plus élevés. Ils



s'élèveront à environ 3,5 millions d'euros par an, ce qui représente un coût économique de 1,70 à 3,20 euros par kilo de COV dont l'émission est évitée. Conclusion: il est également possible de réduire, à un coût relativement limité, les émissions de COV résultant du transport d'autres matières que l'UN1203 en imposant le transport de la même matière ou de matières compatibles. Cela ne vaut pas pour les matières des catégories UN1230 et UN1993, pour lesquelles l'interdiction de dégazage entraînerait des coûts considérables par rapport à ce que coûteraient des mesures générales de réduction des COV. Pour cette raison, il serait donc souhaitable d'exclure ces matières d'une éventuelle extension de l'interdiction de dégazage.

L'obligation de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles aurait des effets négatifs sur l'environnement, en l'occurrence une augmentation des émissions de CO₂, de SO₂ et de NO_x. Les dommages environnementaux qu'implique cette mesure peuvent être estimés à environ 1,5 million d'euros par an, pour l'ensemble des sept matières considérées. Pour le transport d'UN1203, les coûts environnementaux induits s'élèveront à plus de 200 000 euros.

Construction d'installations de traitement des vapeurs

Si l'interdiction est concrétisée par la construction d'installations de traitement des vapeurs pour le dégazage, la question se pose immédiatement de savoir combien il faudra en construire aux Pays-Bas, et à quels endroits, pour pouvoir faire respecter efficacement une interdiction de dégazage non contrôlé.

L'étude examine six variantes possibles. La première conclusion qu'elle tire est que le nombre de bateaux qui transportent de l'UN1203 aux Pays-Bas n'est pas suffisant pour justifier une exploitation rentable d'installations de traitement des vapeurs. Les coûts totaux seraient de 3 à 10 fois supérieurs à ceux qu'entraînent la première option (obligation de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles).

Même si l'interdiction de dégazage était étendue aux autres matières, les coûts de construction d'une installation de traitement des vapeurs au meilleur endroit qu'on puisse imaginer, à savoir le port de Rotterdam, seraient encore le double de ceux de la première option. De plus, cette installation ne serait pas suffisante pour le dégazage de tous les transports qui ont lieu aux Pays-Bas.

La construction d'une installation de traitement des vapeurs ne se révèle vraiment rentable que si son taux d'utilisation est supérieur à 50%. L'inconvénient est qu'un taux d'occupation aussi élevé entraîne des temps d'attente considérables pour les bateliers, qui courent le risque qu'un autre bateau soit arrivé juste avant eux pour faire procéder au dégazage. Or l'opération dure au minimum entre 4 heures et demie et 6 heures, d'où une perte de temps, et donc d'argent, considérable pour le batelier.

En revanche, l'étude montre aussi que la construction d'une installation de traitement des vapeurs équipée d'un moteur à gaz a moins d'effets environnementaux négatifs que la première option. Si l'on prend en compte les surcoûts environnementaux de la première option, on peut affirmer que les coûts de la construction d'un certain nombre d'installations de traitement des vapeurs équipées d'un moteur à gaz dans le port de Rotterdam seraient très voisins de ceux qu'entraîne la première option. Il faut néanmoins tenir compte du fait qu'il est vraisemblable que, si l'on construisait des installations de traitement des vapeurs, il y aurait davantage de bateliers qui choisi-

raient de transporter désormais toujours la même matière, si bien que les chiffres de rentabilité économique pourraient bien devoir être revus à la baisse.

Conclusions et recommandations

L'étude est arrivée à un certain nombre de conclusions qui ont amené à formuler des recommandations.

- 1 Les émissions totales de COV résultant du dégazage de bateaux-citernes ont été quantifiées pour la première fois avec précision. Il est apparu qu'elles sont beaucoup moins élevées que ne le laissent supposer des études antérieures et qu'elles se situent autour de 1,8 kilotonne par an pour le transport des principales sources d'émission de COV.
- 2 Une analyse des coûts et de faisabilité amène à la conclusion que le meilleur moyen de mettre en œuvre concrètement l'interdiction de dégazage pour les transports d'UN1203 est d'amener les bateliers à transporter toujours la même matière ou des matières compatibles. Si les bateliers ne souhaitent pas, pour quelque raison que ce soit, s'en tenir à cette option, ils peuvent faire dégazer leur bateau à l'installation de traitement des vapeurs AVR.
- 3 Il semble judicieux, pour des raisons d'efficacité économique, d'étendre l'interdiction de dégazage aux matières des catégories UN1114 (benzène), UN1268 (distillats de pétrole) et UN2398 (MBTE). La réduction des émissions de COV représente en fait une stratégie économiquement efficace pour le transport de ces matières, puisque les coûts en sont inférieurs aux coûts moyens de la réduction des COV dans l'industrie. L'étude permet de présumer que les émissions de COV pourraient également être évitées de façon économiquement rentable pour l'UN3295 par l'obligation faite aux bateliers de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles.
- 4 Même si l'interdiction est étendue à d'autres catégories de matières, la construction d'une installation de traitement des vapeurs sera toujours plus chère que l'obligation faite aux bateliers de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles. Cela s'explique essentiellement par le fait que, si les coûts d'investissement par bateau dégazé diminuent effectivement à mesure que le nombre de bateaux à dégazer augmente, le coût des temps d'attente pour les bateliers augmente en conséquence, parallèlement au risque que l'installation de traitement des vapeurs soit occupée au moment où le batelier arrive pour faire dégazer son bateau. C'est pourquoi l'obligation pour les bateliers de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles constitue la méthode économiquement la plus rentable de réduire les émissions de COV. Sans compter que même si l'on construit des installations de traitement des vapeurs, il y aura toujours des bateliers qui choisiront de transporter la même matière ou des matières compatibles.
- 5 L'obligation de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles entraîne une augmentation des rejets de CO₂, de SO₂ et de NO_x. Si les coûts de ces dommages environnementaux étaient également pris en compte, les coûts totaux de l'obligation de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles seraient très voisins des coûts de construction d'un certain nombre d'installations de traitement des vapeurs équipées d'un moteur à gaz. Mais il importe de tenir compte du fait que les coûts d'exploitation d'installations de traitement des vapeurs pourraient s'avérer en définitive beaucoup plus élevés si un certain nombre de bateliers, trouvant les temps d'attente trop longs, décident de passer au transport d'une matière unique ou de matières compatibles.



- 6 Les statistiques des émissions d'UN3295 étant très imprécises, il serait souhaitable de procéder à des études plus approfondies avant de décider d'étendre éventuellement ou non à cette catégorie de matières l'interdiction de dégazage.
- 7 Il faudrait contrôler le respect de la réglementation, tant en ce qui concerne l'obligation de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles que pour le dégazage dans une installation de traitement des vapeurs, au moyen d'un journal des cargaisons ou d'un système analogue. Dans un cas comme dans l'autre, les bateliers ont en effet de bonnes raisons de procéder à un dégazage non contrôlé de leurs citernes, que ce soit pour éviter d'avoir à faire des kilomètres supplémentaires, ou pour ne pas devoir faire la queue à l'installation de traitement des vapeurs et gagner ainsi du temps et donc de l'argent. L'étude ne s'est pas penchée sur la question des mesures à prendre pour prévenir de telles fraudes.
- 8 Selon toute probabilité, les risques pour la sécurité liés à l'obligation de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles n'augmenteront pas proportionnellement à la croissance du nombre de voyages à vide. Plusieurs études ont fait apparaître que les effets de cette mesure sur la sécurité sont incertains. Ce qui est établi, c'est que le nombre total de transports augmentera d'environ 7% sur les voies navigables intérieures, ce qui augmentera en conséquence les risques d'abordage. L'étude ne s'est pas penchée sur la question de savoir dans quelle mesure cela aura un impact sur les marges de sécurité de la navigation intérieure.

Tant les chiffres des coûts que ceux des émissions cités dans l'étude doivent être interprétés avec circonspection. Ils se fondent en effet sur beaucoup de facteurs incertains. Pour ce qui est des émissions, le taux général d'incertitude peut être estimé à 27% environ pour l'UN1203 et même à 55% pour les autres matières. Pour les coûts, l'étude n'a pas essayé d'indiquer un intervalle d'incertitude, mais une marge d'erreur de 30 à 40% est courante dans ce type d'études. L'incertitude en ce qui concerne les coûts procède des effets dynamiques des mesures à prendre — comment le marché réagira-t-il à une interdiction de dégazage? — et concerne surtout le niveau des coûts résultant pour les bateliers des temps d'attente aux installations de traitement des vapeurs. L'étude s'est fondée sur une simple théorie des temps d'attente pour l'estimation des coûts, mais ceux-ci pourraient bien être beaucoup plus élevés si les bateliers ont une préférence marquée pour le dégazage à certains moments de la journée, pendant la soirée, par exemple.

Les coûts définitifs dépendent donc fortement de la réaction du marché de la navigation intérieure à une interdiction de dégazage: si les bateliers sont nombreux à choisir de transporter toujours la même matière ou des matières compatibles, même si la possibilité leur est donnée de faire dégazer leurs citernes à une installation de traitement des vapeurs, les coûts d'exploitation d'une telle installation seront évidemment beaucoup plus élevés que ce qui a été calculé dans l'étude.