

EMS-protocol Emissies door Zeescheepvaart: Ontgassing van ladingdampen naar lucht

Versie 3, 5.11.2003

5 november 2003

Auteur:
Ernst Bolt
Adviesdienst Verkeer en Vervoer
afdeling Scheepvaart

Inhoudsopgave

1	Inleiding en scope	1-1
3	Emissiebron	3-1
3.1	Oorzaken	3-1
3.2	Maatregelen	3-2
4	Berekeningswijze	4-1
5	Emissieverklarende variabele	5-1
5.1	Bepaling met behulp van statistische gegevens	5-1
5.2	Tijdreeks van 1990 tot heden	5-5
5.3	Jaarlijkse bepaling	5-6
6	Aard van de emissiebron	6-1
7	Emissiefactoren	7-1
7.1	Bepaling emissiefactoren	7-1
7.1.1.	Bepaling verdampingsfactoren	7-1
7.1.2.	Ontluchtingspercentage	7-5
7.2	Tijdreeks van 1990 tot heden	7-5
7.3	Jaarlijkse bepaling	7-5
8	Emissies	8-1
8.1	Emissie cijfers 2002	8-1
8.2	Emissie sinds 1990	8-2
8.3	Vershil in methodiek	8-3
8.4	Vershil in cijfers	8-3
9	Kwaliteit van de gegevens	9-1
10	Verbeterpunten methodiek	10-1
10.1	Zwakke punten	10-1
10.2	Belangrijkste verbeterpunten	10-1
11	Regionale opsplitsing	11-1
16	Referenties	16-1
Bijlage A	Principe ladingdampemissie bij zeeschepen	A-1

Dit rapport geeft een beschrijving van de methode die wordt gevolgd voor de berekening van de emissies van vluchtige organische stoffen (VOS) door ontgassing van ladingdampen door zeeschepen op Nederlands grondgebied en NCP. De resultaten worden jaarlijks gebruikt voor de Nederlandse Emissieregistratie.

Het ontgassen van ladingtanks naar de buitenlucht wordt ook wel 'ontluchten' genoemd, ter onderscheiding van het ontgassen naar een dampverwerkingsinstallatie. Hoewel de term de handeling niet goed weergeeft zal in dit rapport daarom ook 'ontluchten' gebruikt worden om aan te geven dat ladingdampen naar de buitenlucht worden afgevoerd. In beginsel geldt dat ladingdampen die in een ladingtank achterblijven na lossen, pas naar de lucht worden uitgedreven wanneer de tank beladen wordt. Met het oog hierop wordt in [1] slechts gesproken over *beladingsemissies*, waarbij middels een ophoogfactor voor belading van niet-dampvrije tanks rekening gehouden wordt met restladingdampen van de voorgaande lading. In dit protocol worden de emissies tijdens belading en na lossen apart berekend, waardoor meer nuances aan te brengen zijn met betrekking tot de verschillende ladingsoorten.

Ladingdampen die vrij komen tijdens de belading van schepen, behoren toe aan de emissies van de laadinstallatie. De beladingsemissies zijn voor het grootste gedeelte onderdeel van de doelgroep industrie (raffinaderijen en chemie). Uitzondering hierop zijn de beladingsemissies van boord-boordoverslag.

Alleen de emissies van de 8 belangrijkste product(groep)en zijn berekend. Deze emissies omvatten circa 90% van de totale emissie van deze bron. Grondslag voor deze aanname is de getransporteerde hoeveelheid andere vluchtige organische stoffen en een grove inschatting van de emissiefactoren van deze stoffen.

Geen onderdeel van dit protocol zijn:

- de emissies van ladingdampen via de overdrukventielen;
- incidentele emissies van lading naar water of lucht als gevolg van ongelukken of onzorgvuldig handelen;

emissies van brandstofdampen uit de bunkertanks.

3.1 Oorzaken

Dampen van vluchtige lading- en bunkervloeistoffen kunnen door de volgende mechanismen in de buitenlucht terechtkomen:

1. bij het beladen van een lading- of bunkertank
Bij beladen van een schone tank moet de damp die ontstaat tijdens het beladen afgevoerd worden doordat de vloeistof deze verdringt; bij beladen van een niet-dampvrije tank zal de nog aanwezige damp afgevoerd moeten worden
2. na lossen van lading
Tijdens het lossen hoeft er geen damp afgevoerd te worden. Over het algemeen wordt de in de ladingtank vrij komende ruimte gevuld met inert gas (verbrandingsgas of stikstof). Daarbij ontstaat dus een damp-inert gas mengsel wat eventueel in de tank kan blijven tot de volgende belading. Ook kan de tank op zee geventileerd worden. In bepaalde situaties moet de tank echter schoon gemaakt worden: als er een andere stof geladen moet worden of als er inspecties of werkzaamheden in de tank nodig zijn.
3. tijdens de vaart, door uitzetten van de lading (temperatuurswisselingen)
4. fouten tijdens ladingbehandeling

Op 3. en 4. wordt in dit protocol niet verder ingegaan. De emissies van bunkerbrandstoffen blijven ook buiten beschouwing, omdat de gangbare bunkerqualiteiten niet vluchtig zijn. De emissies zouden daarom vooral afkomstig zijn van bijgemengde stoffen, waarover geen bruikbare data te verkrijgen zijn.

Voor de emissie na lossen wordt aangenomen dat een deel van de in de geloste tank nog aanwezige damp op het Nederlands Continentaal Plat geventileerd wordt. De werkelijke emissie ligt ergens tussen de 0 en (bijna) 100%- ervan uitgaande dat men het ventileren niet langer uitstelt dan nodig is als schatting 50% gehanteerd.

Wanneer de volgende lading dezelfde stof is, is er technisch geen noodzaak om te ontluchten. Vermoedelijk zal er echter veelal niet met dampmengsel teruggevaren worden om aan de laadterminal alsnog te ontluchten omdat daar geen dampverwerking plaatsvindt, maar in plaats daarvan wanneer zich de gelegenheid voordoet de tanks geventileerd worden. Deze gelegenheid doet zich voor zodra de haven verlaten is.

De hoeveelheid damp die na het lossen achterblijft is van een aantal factoren afhankelijk. Voor ruwe olie tanks wordt vaak een zogeheten Crude Oil Washing installatie gebruikt, waarbij ruwe olie onder hoge

druk tegen de tankwand wordt gespreid. De lichtere fracties werken daarbij als oplosmiddel om de olieresten van de tankwand los te maken. Dit proces zal een hoge verzadigingsgraad van de damp in de tank opleveren. Ladingrestanten die in de tank achterblijven kunnen in tweede instantie tijdens het ventileren nog verdampen. De hoeveelheid restanten is bijvoorbeeld afhankelijk van het materiaal en de afwerking van de tankwand.

3.2 Maatregelen

De noodzaak om te ontluchten is te vermijden met dedicatievaart¹ of het gebruik maken van compatibele vervolgladingen. Dit heeft alleen zin als op de beladingsterminal voorzieningen aanwezig zijn om de dampen op te vangen en te verwerken of op te slaan. Bestaande dampverwerkingsinstallaties zijn (cryogene) condensators, verbrandingsmotoren en incinerators.

Een andere manier om ontluchting na het lossen te vermijden is het ventileren van een tank (met aan boord aanwezige ventilatoren), waarbij de restladingdampen worden afgevangen en verwerkt. De technologie om deze damp(hoeveelhed)en te verwerken is wel beschikbaar maar wordt momenteel - voor zover bekend - nog niet in de praktijk toegepast.

Andere ideeën, zoals het condenseren van damp in de ladingtank worden wel genoemd, maar zijn nog niet op experimentele schaal toegepast.

De mate waarin de maatregelen worden getroffen is afhankelijk van de internationale en nationale regelgeving, de milieuvergunningen van verladers en de mate waarin bedrijven zelf zich inspanssen om bijvoorbeeld geuroverlast terug te dringen. Alle maatregelen hebben invloed op het percentage van de reizen waarna ontlucht wordt.

¹ Achtereenvolgende ladingen zijn van hetzelfde product

De berekening van de VOS-emissies wordt, per stof en per soort handeling (laden dan wel lossen), uitgevoerd aan de hand van de volgende formules:

Gewicht VOS (damp) geëmitteerd (lossen) =
massa geloste lading (A)
maal **percentage waarna ontlucht is (B_L)**
maal **verdampingsfactor (C)**

Gewicht VOS (damp) geëmitteerd (laden) =
massa geladen lading (A)
maal **verzadigingspercentage damp (B_V)**
maal **verdampingsfactor (C)**

De benodigde gegevens vallen in drie categorieën uiteen:

- (A) transportgegevens, afkomstig uit statistische informatie;
- (B) gegevens over praktijk van laden en lossen (eventueel ook gebonden aan voorschriften);
- (C) chemische en fysische gegevens, afkomstig uit literatuur.

In deze formule is het gewicht van de massa van de geloste of geladen lading de *emissieverklarende variabele*.

De *emissiefactor* wordt bij lossen gevormd door vermenigvuldiging van de verdampingsfactor met het percentage van de geloste ladinghoeveelheid waarna ontlucht is. Tijdens beladen is de emissiefactor het product van dezelfde verdampingsfactor en het gemiddelde verzadigingspercentage van de uit de beladen tank verdreven damp.

In Bijlage 1 is nader toegelicht welke emissies in dit protocol berekend worden en wat het verschil is met de berekeningsmethode in [1] en [5].

5.1 Bepaling met behulp van statistische gegevens

De emissieverklarende variabele is de massa van de geloste en geladen hoeveelheden per stofcategorie. Deze hoeveelheden zijn niet expliciet in de vervoersstatistieken van CBS-Statline terug te vinden om twee redenen:

- er wordt wel onderscheid gemaakt tussen hoeveelheden die naar en van een haven vervoerd worden, maar het is niet duidelijk welk deel daarvan zowel naar als van die haven vervoerd is zonder overgeladen te zijn
- vervoersstatistieken geven hoeveelheden per NSTR-goederengroep. De voor dit protocol relevante stoffen vallen allemaal binnen "hoofdstuk 3": aardolie en aardolieproducten. Er is een onderverdeling van dit hoofdstuk waarin ruwe aardolie een aparte goederengroep vormt, maar veelal zijn de statistieken niet verder uitgesplitst dan hoofdstuk 3.

De schepen met gevaarlijke stoffen melden wel aan de havenbeheerder welke stoffen in welke hoeveelheid zij aan boord hebben. Ten behoeve van het risicomodel SAMSON (zie [8]) zijn de meldingen gevaarlijke stoffen over 1998 verzameld van Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam (GHR), Schelde Radarketen (SRK) en Centrale Scheepvaart Afwikkeling- en Registratiesysteem (CESAR, Amsterdam). De stoffen(groepen) zijn ingedeeld in UN-klassen, welke door iedereen gebruikt worden voor het goederenvervoer van gevaarlijke stoffen. In principe omvat CESAR al het verkeer in de IJmond en SRK het verkeer op Vlissingen, Terneuzen en Antwerpen als belangrijkste havens.

In onderstaande tabellen zijn de stoffen vermeld die, gezien verladen hoeveelheid in Rotterdam en verdampingsfactor, potentieel een relevante VOS-emissie opleveren, met daarbij de geladen en geloste hoeveelheid in Rotterdam 1998.

tabel 1 Laad- en losgegevens
Rotterdam 1998

UN-nr	Stofnaam	Totaal geladen (kton)
2398	MTBE	757
1203	benzine	421
1267	ruwe aardolie	761 ²
1280	propyleenoxide	46
1863	vliegtuigbrandstof	383

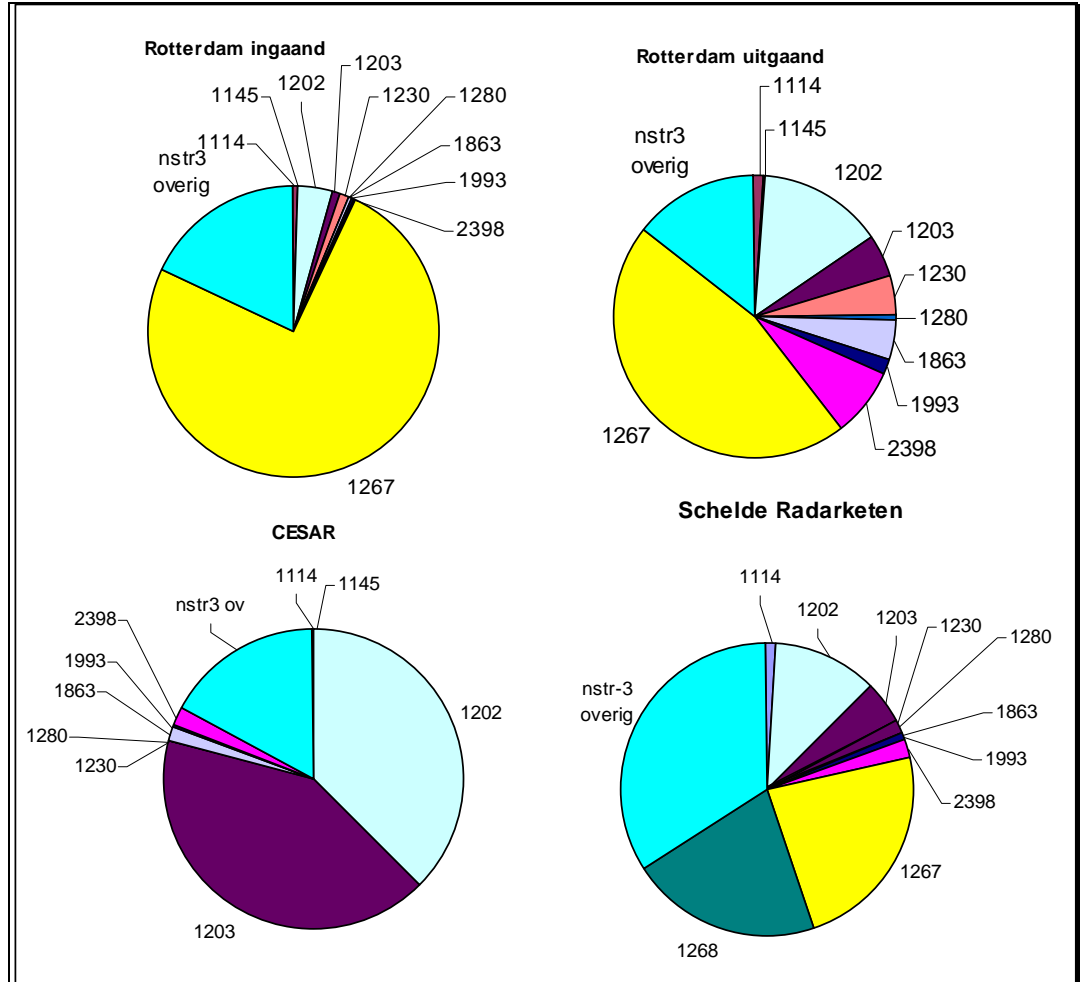
Lading	Stofnaam	Totaal gelost (kton)
1267	ruwe aardolie	98.528
1203	benzine	1.052
1230	methanol	1.264
2398	MTBE	186
1114	benzeen	619
1993	brandbare vloeistof n.e.g. ³	426
1145	cyclohexaan	249
1863	vliegtuigbrandstof	413
1202	gasolie	5.080

² in [5] wordt gesproken over lading van 4 Mton ruwe aardolie. Dit getal is echter gebaseerd op Lloyds Maritime Intelligence Services data, waarin vermoedelijk geregistreerd is hoeveel ruwe olie Rotterdam verlaat. Een klein deel (zo'n 3%) van de in Rotterdam aangevoerde olie, (maar een veelvoud van de in Rotterdam *geladen* olie) wordt kennelijk niet verladen en verlaat met hetzelfde schip de haven weer.

³ n.e.g.= niet eerder gespecificeerd, of (Engels) n.o.s. = not otherwise specified. Dit zijn restcategorieën van stoffen waar geen eigen UN-nr voor is.

De verdeling over de verschillende UN-nummers van de stoffen binnen hoofdstuk 3 is voor Rotterdam nogal verschillend van de andere havens, zoals te zien in figuur 1.

figuur 1 Verdeling over verschillende stofnummers van NSTR-goederengroep 3 in Rotterdam, IJmond (CESAR) en Scheldemond (SRK).



In Amsterdam zijn gasolie (UN1202) en benzine (UN1203) samen goed voor ruim 80%. In de Scheldemond speelt ruwe olie (UN1267) voor Antwerpen een belangrijke rol. Andere stoffen komen in relatief kleine hoeveelheden voor: UN1268 is zelf een verzamelnummer voor niet elders geclassificeerde stoffen ("aardolieproducten, n.e.g."). Het gewogen gemiddelde van Amsterdam en Scheldemond *zonder de ruwe aardolie voor Antwerpen* wordt gehanteerd als 'profiel' voor de verdeling binnen NSTR-3 in de overige Nederlandse havens, zonder verder onderscheid tussen inkomende en uitgaande stromen.

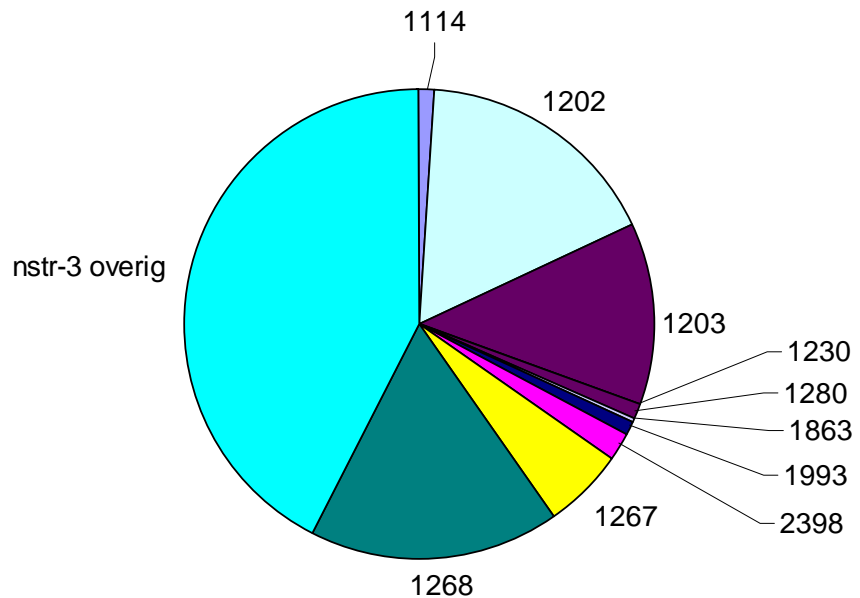
tabel 2 Gemiddeld stofprofiel van IJmond en Scheldemonde zonder ruwe aardolie

UN-nr	Stofnaam	Aandeel
1202	Gasolie	17,1%
1203	Benzine	12,5%
1114	Benzeen	1,0%
1280	propyleenoxide	1,0%
2398	MTBE	2,1%
1993	brandbare vloeistof n.e.g.	0,7%
1863	vliegtuigbrandstof	0,3%
1145	Cyclohexaan	0,1%
1230	Methanol	0,1%
1267	Ruwe aardolie	5,6%
1268	aardoliedest. n.e.g.	17,1%
NSTR-3 overig		42,6%

Totaal 66% bestaat dus uit een scala van stoffen die niet verder gespecificeerd zijn! Omdat er over UN1268 toch geen nadere gegevens zijn wordt deze groep verder samen met NSTR-3 overig genomen.

figuur 2 Verdeling over verschillende stofnummers van NSTR-goederengroep 3 zoals gebruikt voor 'overige havens' (niet-Rotterdam)

Gemiddeld stofprofiel Schelde- en IJmond, zonder ruwe olie



De totale hoeveelheid inkomend en uitgaand van NSTR-3 voor de belangrijkste havens is uit de CBS-Statline gegevens te halen. Antwerpen wordt apart meegenomen omdat dit natuurlijk geen Nederlandse haven is maar de ladingdampemissies zullen wel veelal op het NCP plaatsvinden.

tabel 3 Totale hoeveelheid vervoerd NSTR-3 (aardolie en olieproducten) in 1998

Haven	Inkomend (kton)	Uitgaand (kton)
Amsterdam	5648	2287
Delfzijl en Eemshaven	21	-
Dordrecht	128	1
IJmuiden	15	-
Rotterdam	115607	7017
Terneuzen	2528	53
Vlaardingen	36	12
Vlissingen	4016	786
Zevenbergen	52	5
Overige havens	941	10
Nederland totaal	128992	10173
Antwerpen	18237	7163

Met uitzondering van Rotterdam wordt verder aangenomen dat uitgaande lading daadwerkelijk in de betreffende haven geladen is, en inkomend gelost.

tabel 4 geladen en geloste hoeveelheden in Rotterdam, overige nederlandse havens en Antwerpen

UN-nr	stofnaam	gelost (kton)				geladen (kton)			
		Rdam	Ov.NL	Totaal NL	Antw	Rdam	Ov. NL	Totaal NL	Antw
1202	<i>gasolie</i>	4476	2287	6763	2097	1003	539	1542	1166
1203	<i>benzine</i>	811	1671	2482	1533	339	394	733	852
1114	<i>benzeen</i>	577	136	713	125	84	32	116	70
1280	<i>propyleenoxide</i>	68	132	200	121	46	31	77	67
2398	<i>MTBE</i>	153	279	432	256	552	66	618	142
1993	<i>brandb vloeist neg</i>	442	96	538	88	103	23	126	49
1863	<i>vliegtuigbrandstof</i>	335	45	380	42	311	11	322	23
1145	<i>cyclohexaan</i>	216	13	229	12	23	3	26	7
1230	<i>methanol</i>	1198	13	1211	12	302	3	305	7
1267	<i>ruwe aardolie</i>	83847	747	84594	5960	648	176	824	340
	<i>nstr-3 overigen</i>	20887	7978	28865	7318	1008	1880	2888	4067

5.2 Tijdreeks van 1990 tot heden

Het is niet meer na te gaan welke hoeveelheden van elke stof gelost zijn in de periode van 1990 tot nu. Op basis van de totale hoeveelheden NSTR-3 kan wel een schatting gemaakt worden, waarbij verondersteld wordt dat de verdeling binnen NSTR-3 niet veranderd is en dat het aandeel verladen ruwe olie van de uitgevoerde ruwe olie constant is. Met de CBS-Statline cijfers vanaf 1996 tot heden is voor Rotterdam en voor de overige Nederlandse havens een indexcijfer ten opzichte van 2002 berekend.

tabel 5 Index voor vervoer van NSTR-3 van en naar Nederlandse zeehavens⁴

Jaar	Ingaand			Uitgaand		
	Rotterdam	Overige NL havens	Antwerpen	Rotterdam	Overige NL havens	Antwerpen
1990	92%	97%	108%	61%	47%	111%
1991	96%	97%	108%	61%	47%	111%
1992	96%	97%	108%	61%	47%	111%
1993	93%	97%	108%	61%	47%	111%
1994	93%	97%	108%	61%	47%	111%
1995	88%	97%	106%	61%	47%	101%
1996	91%	97%	93%	61%	47%	107%
1997	94%	100%	96%	59%	43%	106%
1998	97%	89%	110%	57%	42%	102%
1999	93%	91%	97%	65%	56%	97%
2000	96%	99%	111%	83%	64%	106%
2001	100%	99%	108%	71%	84%	103%
2002	100%	100%	100%	100%	100%	100%

5.3 Jaarlijkse bepaling

Jaarlijks overgeslagen hoeveelheden per UN-nr moeten van havenauthoriteiten betrokken worden. De gevaarlijke stoffenmeldingen worden in een database opgeslagen; elk jaar moeten in elk geval op UN-nr, maar zo mogelijk op individuele stof, geaggregeerde verladingscijfers verkregen worden. Het onderscheid tussen in- en uitgaande goederenstromen en daadwerkelijk overgeslagen hoeveelheden dient in voorkomende gevallen duidelijk te zijn.

⁴ De gegevens vanaf 1996 zijn afkomstig van CBS-Statline. Voor 1990-1995 is aangenomen dat de van Rotterdam uitgaande stroom constant is geweest en de inkomende stroom is bepaald als de 'throughput crude oil, mineral oil products and petcoke' zoals door GHR gepubliceerd verminderd met deze uitgaande hoeveelheid. Voor de overige havens zijn beide getallen van 1990 tot 1996 constant verondersteld. Voor Antwerpen is de groei van de totale goederenoverslag verminderd met de gecontaineriseerde overslag aangehouden

De ontgassingsemissies van zeeschepen vinden plaats in de haven als het om beladingsemissies gaat en zijn dan dus afkomstig van een puntbron. Emissies na lossen vinden over het algemeen varend op zee plaats; het gaat dan om een discontinue (afnemende) lijnbron.

7.1 Bepaling emissiefactoren

De emissiefactor is het product van de verdampingsfactor en het ontluuchtingspercentage.

7.1.1. Bepaling verdampingsfactoren

De verdampingsfactor wordt berekend met behulp van vergelijking 1.

Vergelijking 1 Formule voor
bepaling van de verdampingsfactor van
een stof

$$VF = \frac{\rho_{lucht}}{\rho_{VL}} * \frac{\rho_{damp}}{\rho_{VL}} * p_{damp} * S * CorrT + RL$$

met:

VF	= verdampingsfactor	[kg/ton]
ρ_{VL}	= dichtheid van de vloeibare lading	[ton/m ³]
p_{damp}	= dampdruk van lading bij 20°C	[kPa]
p_{lucht}	= luchtdruk bij standaardomstandigheden	[kPa]
ρ_{damp}	= relatieve dampdichtheid t.o.v. lucht	[]
ρ_{lucht}	= dichtheid van lucht bij 20°C	[kg/m ³]
S	= verzadigingsfactor van damp-luchtmengsel	[]
CorrT	= correctie factor voor de gemiddelde temperatuur in Nederland	[]
RL	= na lossen achtergebleven restlading	[kg/ton]

De luchtdruk bij standaardomstandigheden (p_{lucht}) en de dichtheid van lucht bij 20 °C (ρ_{lucht}) zijn constanten die niet op de individuele stoffen van toepassing zijn.

De waarden voor ρ_{VL} , p_{damp} , en ρ_{damp} zijn ontleend aan [3]. Voor UN1202, 1203, 1114, 1230 en 1398 zijn deze waarden rechtstreeks overgenomen (zie tabel 4). De eigenschappen van ruwe olie zijn zeer afhankelijk van de plaats van winning. De eigenschappen in de tabel behoren bij ConocoPhilips C2000 Frac Oil [6], de dampdichtheid is een gewogen gemiddelde van de samenstellende fracties.

tabel 6 Fysische parameters enkelvoudige UN-klassen

UN-nr	Stofnaam	dichtheid vloeibare lading	dampdruk	relatieve dampdichtheid	$\frac{\rho_{damp}}{\rho_{VL}} * P_{damp}$
		A (ton/m ³)	B (kPa)	C ()	B/AxC
1203	benzine	0,75	30	3	120
2398	MTBE	0,70	27	3	116
1114	benzeen	0,90	10,0	2,7	30
1230	methanol	0,79	12,3	1,1	17
1267	ruwe olie	0,78	3,3	3,34	14
1280	propyleen-oxide	0,80	59	2	148
1863	vliegtuig-brandstof	0,84	15,5	3	55
1145	cyclohexaan	0,78	10,4	2,9	39
1202	gasolie	0,85	0,1	7	0,8

UN1993 is (net als 1268) een zogenaamde n.e.g.-klasse (brandbare vloeistoffen n.e.g.). Deze klassen bevatten de stoffen die niet onder een andere UN-klasse te brengen zijn. De diversiteit van stoffeigenschappen van producten uit deze groepen is zeer groot. Afgaande op vergelijking 1 betreft het de gegevens over de dichtheid van de vloeibare lading, de dampdruk en de relatieve dampdichtheid. Voor klasse UN1993 zijn de stofgegevens voor de meest vluchtige stof en de minst vluchtige stof opgezocht. De gemiddelde waarde van het product ligt ergens tussen deze twee extremen in (zie tabel 6).

tabel 7 Fysische parameters niet nader gespecificeerde UN-klasse

UN-nr	individuele stof	dichtheid vloeibare lading	Dampdruk	relatieve dampdichtheid	relatief aandeel in de klasse	aandeel in VF
		A (ton/m ³)	B (kPa)	C ()	D ()	(BxCxD)/A (kPa.m ³ /ton)
1993						
min.	Cyclo-hexenyl ethyleen	0,829	3,37	2,9	50%	6
max.	Ethyljodide	1,936	18,3	5,4	50%	26
totaal	(= met 'D' gewogen gemiddelde)					31

Voor UN 1268 (aardoliedestillaten n.e.g.) wordt dezelfde waarde aangehouden.

De **verzadigingsfactor S** is verschillend voor het ontluchte mengsel tijdens het laden en na het lossen. In [1] wordt voor het beladen van een schone tank $S=0,10$, voor het beladen van een niet-

schoongemaakte tank $S=0,38$ gegeven. Voor de berekening van beladingsemissies wordt de waarde voor een schone tank aangehouden, voor het mengsel na lossen de waarde voor een vuile tank.

Er kan aangevoerd worden dat de zo geschatte emissie aan de hoge kant zal zijn, omdat het dampmengsel na lossen al varend geventileerd wordt waarbij de emissiesnelheid asymptotisch afneemt. Tijdens beladen van de tank daarentegen zou de volledige tankinhoud verdreven zijn.

Aan de andere kant zal de verzadigingsfactor in een zojuist geloste en met een ruwe-olie wasinstallatie behandelde ruwe olie tank weer hoger zijn dan een gemiddelde niet-schone tank die beladen wordt.

In Nederland bedraagt de gemiddelde temperatuur ongeveer 10 °C. Omdat de waarden voor de dampdruk en de dampdichtheid gelden bij 20 °C, moet er een correctie uitgevoerd worden. Deze correctie is niet voor alle stoffen goed te bepalen; in [2] is 0,75 geschat als algemeen bruikbare **correctiefactor voor de temperatuur**. Voor benzine is de factor hoger (1,07), omdat het temperatuureffect tegengegaan wordt door de hogere dampdruk van winterbenzine in de koudere tijd van het jaar.

Een gedeelte van de lading blijft na lossen achter in de ladingtanks. De hoeveelheid is afhankelijk van de uitvoering en toestand van tankwanden en de aanwezigheid en effectiviteit van het nalenssysteem. Voor ruwe olie tankers is de hoeveelheid mogelijk aanzienlijk. Een indicatie volgt uit de IMO resolutie [7], waarin de eisen aan de effectiviteit van het nalenssysteem worden gegeven. Voor tanks die tevens voor ballastwater gebruikt kunnen worden gelden de zwaarste eisen, waarin wordt gesteld dat het volume van de achtergebleven olie niet groter mag zijn dan 0,85% van de tankinhoud (merk op dat in [2] voor binnenvaarttankers een maximum van 0,07% is geschat!). Nu zal ruwe olie maar voor een beperkt deel verdampen, zodat de restlading volledig bij de emissie optellen niet terecht zou zijn. Voor andere stoffen zal de hoeveelheid restlading waarschijnlijk veel kleiner zijn. Als schatting voor de verdampende **restlading** wordt daarom 0,1 % gehanteerd.

De verdampingsfactoren voor laden en lossen kunnen nu bepaald worden als in tabel 8.

tabel 8 Verdampingsfactoren zeescheepvaart bij laden (kg/ton)

UN-nr	$\frac{\rho_{lucht}}{P_{lucht}}$	$\frac{\rho_{damp}}{\rho_{VL}} * P_{damp}$	$S * CorrT$	Verdampingfactor kg/ton
1203	0,012	120	0,107	0,15
2398	0,012	116	0,075	0,10
1114	0,012	30	0,075	0,03
1230	0,012	17	0,075	0,02
1267	0,012	14	0,075	0,01
1280	0,012	148	0,075	0,13
1863	0,012	55	0,075	0,05
1145	0,012	39	0,075	0,03
1993	0,012	31	0,075	0,03
1268	(gelijk genomen aan UN1993)			
1202	0,012	0,8	0,075	0,001

tabel 9 Verdampingsfactoren zeescheepvaart na lossen (kg/ton)

UN-nr	$\frac{\rho_{lucht}}{P_{lucht}}$	$\frac{\rho_{damp}}{\rho_{VL}} * P_{damp}$	$S * CorrT$	RL	Verdampingfactor kg/ton
1203	0,012	120	0,107	0,5	0,69
2398	0,012	116	0,075	0,1	0,50
1114	0,012	30	0,075	0,1	0,20
1230	0,012	17	0,075	0,1	0,16
1267	0,012	14	0,075	0,1	0,15 ⁵
1280	0,012	148	0,075	0,1	0,60
1863	0,012	55	0,075	0,1	0,29
1145	0,012	39	0,075	0,1	0,23
1993	0,012	31	0,075	0,1	0,21
1268	(gelijk genomen aan UN1993)				
1202	0,012	0,8	0,075	0,1	0,0 ⁶

⁵ De hier berekende verdampingsfactoren voor UN1267 zijn nogal wat lager dan de waarde die in [5] wordt aanbevolen voor beladingsemisies van een niet-schone tank en die ook in [1] wordt gegeven), nl 1 kg/ton. Deze waarde is echter bedoeld voor offshore belading van in de Noordzee gewonnen olie. Te verwachten is dat de emissiefactor daarbij veel hoger is dan na het lossen van in het Midden-Oosten geladen olie, omdat de zojuist gewonnen olie nog veel lichte fracties bevat en omdat de bewegingen van het schip op open water de verzadigingsgraad in de tank hoog houden. De invloed van dit verschil wordt in 8.4 verder besproken.

⁶ Hoewel door de restlading hier een verdampingsfactor van 0,1 kg/ton zou volgen is dit geen reëel getal: het lukt namelijk niet om die hoeveelheid te laten verdampen en te ventileren. In de praktijk wordt er óf schoongemaakt, óf een compatibele nalading gepland die wel ontlucht kan worden. De verdamping van de gasolie is daarom op 0 gesteld.

7.1.2. Ontluchtingspercentage

Bij het **beladen** van een tank kunnen de verdreven ladingdampen opgevangen en verwerkt worden, maar dit wordt nog niet op grote schaal in de zeevaart toegepast. In dit protocol wordt dan ook verondersteld dat de bij belading verdreven dampen **volledig** ontluicht worden.

De dampen in een **geloste** tank kunnen daar in principe blijven tot de volgende belading. Wanneer de laadterminal geen dampverwerkende voorziening heeft dan is het echter meer voor de hand liggend om het dampmengsel op zee te ventileren. Dit zal dan waarschijnlijk gebeuren zodra de gelegenheid er is. Bij gebrek aan betere informatie wordt aangenomen dat **de helft** van de achtergebleven dampen op het NCP ontluicht worden.

7.2 Tijdreeks van 1990 tot heden

De verdampingsfactoren zijn gebaseerd op stofgegevens, die vanaf 1990 niet significant veranderd zijn. De emissiefactor kan dus als constant beschouwd worden.

7.3 Jaarlijkse bepaling

Stofgegevens kunnen door normstelling veranderen. Indien hierin veranderingen komt, dienen de emissiefactoren geactualiseerd te worden. In principe is dit een ad-hoc actualisatie, maar om te voorkomen dat veranderingen gemist worden is een 5-jaarlijkse check van relevante stofgegevens verstandig.

Voor de jaarlijkse bepaling van de emissiefactor moet wel rekening gehouden worden met voorzieningen aan de terminal en voorschriften betreffende het varend ontluichten. De ontluchttingspercentages voor laden en lossen worden daardoor beïnvloed.

Voorschriften of technische ontwikkelingen kunnen de restladinghoeveelheid verkleinen.

8.1 Emissie cijfers 2002

De totale VOS-emissie in 2002, als gevolg van het ontlichten tijdens het beladen van zeeschepen en na het lossen van zeeschepen is weergegeven in Tabel 10.

tabel 10 Ontluchtingsemissies
zeescheepvaart 2002, Nederlandse
havens

UNnr	stofnaam	gelost				geladen				totaal NL kt		
		totaal NL	ontl	VF	totaal NL	totaal NL	ontl	VF	totaal NL			
		Mt	%	kg/t	kt	Mt	%	kg/t	kt			
1202	gasolie	6,44	50%	0,000	0,000	1,47	10%	0,001	0,000	0,00		
1203	benzine	2,25	50%	0,686	0,770	0,68	10%	0,154	0,010	0,78		
1114	benzeen	0,69	50%	0,203	0,070	0,11	10%	0,027	0,000	0,07		
1280	propyleenoxide	0,18	50%	0,604	0,055	0,07	10%	0,133	0,001	0,06		
2398	MTBE	0,39	50%	0,496	0,097	0,61	10%	0,104	0,006	0,10		
1993	benzofuraan	0,52	50%	0,206	0,054	0,12	10%	0,028	0,000	0,05		
1863	vliegtuigbrandstof	0,37	50%	0,289	0,054	0,32	10%	0,050	0,002	0,06		
1145	cyclohexaan	0,23	50%	0,232	0,027	0,03	10%	0,035	0,000	0,03		
1230	methanol	1,21	50%	0,159	0,096	0,30	10%	0,015	0,000	0,10		
1267	ruwe aardolie	84,49	50%	0,148	6,266	0,80	10%	0,013	0,001	6,27		
	NSTR-3 overigen	29,63	50%	0,302	4,478	3,07	10%	0,056	0,017	4,50		
Totaal NL										11,97	0,04	12,01

tabel 11 Ontluchtingsemissies
zeescheepvaart 2002, Nederland en
Antwerpen

UNnr	stofnaam	gelost				geladen				totaal NL kt		
		totaal NL	ontl	VF	totaal NL	totaal NL	ontl	VF	totaal NL			
		Mt	%	kg/t	kt	Mt	%	kg/t	kt			
1202	gasolie	8,24	50%	0,000	0,00	2,47	0,1	0,001	0,00	0,00		
1203	benzine	3,56	50%	0,686	1,22	1,41	0,1	0,154	0,02	1,24		
1114	benzeen	0,80	50%	0,203	0,08	0,17	0,1	0,027	0,00	0,08		
1280	propyleenoxide	0,29	50%	0,604	0,09	0,13	0,1	0,133	0,00	0,09		
2398	MTBE	0,61	50%	0,496	0,15	0,73	0,1	0,104	0,01	0,16		
1993	benzofuraan	0,60	50%	0,206	0,06	0,16	0,1	0,028	0,00	0,06		
1863	vliegtuigbrandstof	0,41	50%	0,289	0,06	0,34	0,1	0,050	0,00	0,06		
1145	cyclohexaan	0,24	50%	0,232	0,03	0,03	0,1	0,035	0,00	0,03		
1230	methanol	1,22	50%	0,159	0,10	0,31	0,1	0,015	0,00	0,10		
1267	ruwe aardolie	90,45	50%	0,148	6,71	1,14	0,1	0,013	0,00	6,71		
	NSTR-3 overigen	37,65	50%	0,302	5,69	7,53	0,1	0,056	0,04	5,73		
Totaal NL+Antwerpen										14,18	0,08	14,26

8.2 Emissie sinds 1990

De emissies van 1990 tot en met 2002 worden berekend door de gegevens voor 2002 te combineren met de vervoersindices in Tabel 5 voor laden in Rotterdam, laden in overige havens, lossen in Rotterdam en lossen in overige havens te vermenigvuldigen met de stofprofielen voor Rotterdam en voor overige havens, en de zo verkregen geladen of geloste hoeveelheden te vermenigvuldigen met de verdampingsfactor en het ontluichtingspercentage voor de betreffende stof en handeling.

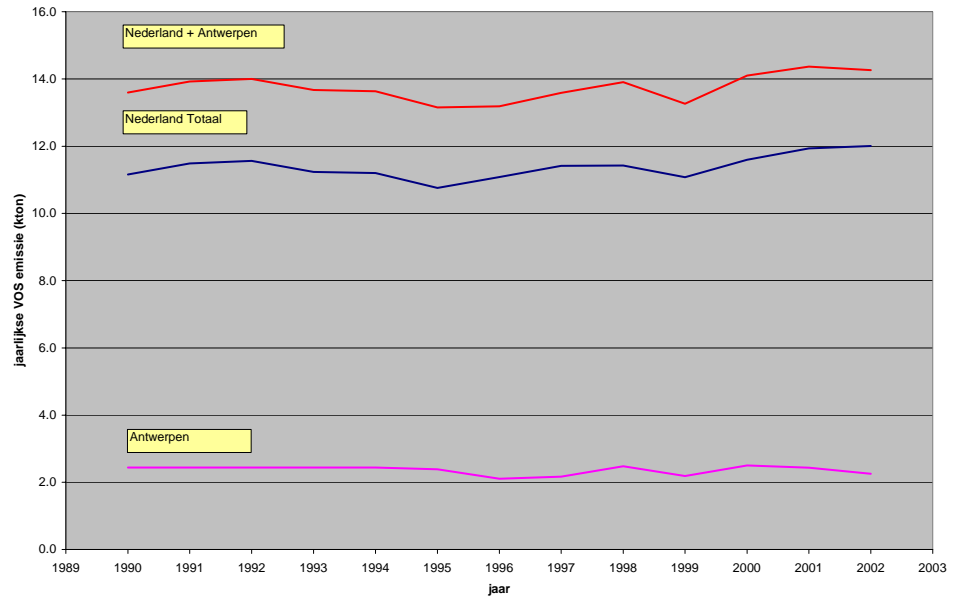
Het resultaat hiervan is in tabel 12 en figuur 3 weergegeven.

tabel 12 VOS emissies zeescheepvaart ten gevolge van ontluchting van ladingtanks van 1990 tot heden.

jaar	emissies bij beladen		emissies na lossen		Totale emissie
	Rotterdam	Overige havens	Rotterdam	Overige havens	Nederlandse havens
	kt	kt	kt	kt	kt
1990	0,013	0,008	9,208	1,930	11,2
1991	0,013	0,008	9,536	1,930	11,5
1992	0,013	0,008	9,616	1,930	11,6
1993	0,013	0,008	9,282	1,930	11,2
1994	0,013	0,008	9,247	1,930	11,2
1995	0,013	0,008	8,809	1,930	10,8
1996	0,013	0,008	9,133	1,930	11,1
1997	0,012	0,008	9,424	1,973	11,4
1998	0,012	0,008	9,647	1,759	11,4
1999	0,013	0,010	9,242	1,811	11,1
2000	0,017	0,012	9,609	1,961	11,6
2001	0,015	0,015	9,949	1,956	11,9
2002	0,021	0,018	9,984	1,983	12,0

jaar	emissie bij beladen	emissie na lossen	Totale emissie
	Antwerpen	Antwerpen	Antwerpen
	kt	kt	kt
1990	0,043	2,395	2,44
1991	0,043	2,395	2,44
1992	0,043	2,395	2,44
1993	0,043	2,395	2,44
1994	0,043	2,395	2,44
1995	0,040	2,350	2,39
1996	0,042	2,062	2,10
1997	0,042	2,129	2,17
1998	0,040	2,439	2,48
1999	0,038	2,151	2,19
2000	0,042	2,461	2,50
2001	0,040	2,395	2,44
2002	0,039	2,217	2,26

.....
figuur 3 VOS-emissies als gevolg van
ontluchting van ladingtanks van
zeeschepen in 1990 t/m 2002



8.3 Verschil in methodiek

Voor inwerkingtreding van dit protocol werden de emissies van ontluchting door zeeschepen niet meegenomen in de emissieregistratie. De methodiek is nieuw ontwikkeld, waarbij gestreefd is naar samenhang met de methode voor bepaling van beladingsemissies van zeeschepen, welke toe worden gerekend aan de doelgroepen raffinaderijen, op- en overslagbedrijven en de chemische industrie.

8.4 Verschil in cijfers

De belangrijkste verschillen tussen de hier gepresenteerde methode en de berekeningen in [1] en [5] betreffen de emissiefactor voor ruwe olie en de hoeveelheid in Nederland geladen ruwe olie. De beladingsemissie volgens [5], met een emissiefactor van 1kg/ton en een beladen hoeveelheid van ruim 4 Mton zou 4 kton opleveren.

De (mogelijke) emissies na lossen blijven in beide rapporten buiten beschouwing, terwijl de enorme hoeveelheid geloste ruwe olie wel degelijk tot een belangrijke emissie op het NCP kan bijdragen: voor 2002 is ruim 6 kton becijferd.

De onzekerheden van de verschillende onderdelen van de emissieberekening worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie [4], zie tabel 8. Deze werkwijze is gebaseerd op de methodiek van CORINAIR (CORe emission INventories AIR).

Hierbij worden de volgende kwaliteitsclassificaties aangehouden:

- A: een getal gebaseerd op een groot aantal metingen aan representatieve locaties;
- B: een getal gebaseerd op een aantal metingen aan een deel van de voor de sector representatieve locaties;
- C: een getal gebaseerd op een beperkt aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van de technische kennis van het proces;
- D: een getal gebaseerd op een gering aantal metingen, aangevuld met schattingen op basis van aannames;
- E: een getal gebaseerd op een technische berekening op basis van een aantal aannames,

Tabel 13 Kwaliteit parameters

Onderdeel	Parameter	Betrouwbaarheid
emissieberekening		
Emissieverklarende variabele	geloste hoeveelheid	A
	geladen hoeveelheid	A
Emissiefactor	percentage ontlucht	C
	samenstelling n,e,g,-klassen	E
	fysische (stof)gegevens	A
	verzadiging damp-lucht mengsel	C
	correctiefactor temperatuur	B
	restlading na lossen	C

De kwaliteit van de emissieberekening als geheel wordt geclassificeerd als C.

10.1 Zwakke punten

Belangrijke onzekerheden zijn:

- Hoe is de onderverdeling naar individuele stoffen binnen de n.e.g.-klassen, oftewel de restcategorieën en welke eigenschappen heeft de ruwe olie wanneer deze in Rotterdam aankomt?
- welk gedeelte van de tankinhoud aan ladingdamp wordt na lossen op het NCP geventileerd?
- welk aandeel van de verlading vindt niet direct aan de wal plaats?
- welke verzadigingsfactor moet voor geloste tanks aangehouden worden en hoe groot zijn de ladingrestanten die alsnog kunnen verdampen?

10.2 Belangrijkste verbeterpunten

Naast betrouwbaarder praktijkgegevens over bovenstaande factoren is afstemming nodig met de berekeningswijze die gevolgd wordt voor de VOS-emissies van de doelgroep industrie. De berekende emissies moeten consistent zijn en duidelijk moet zijn welke emissies aan de scheepvaart en welke aan de industrie toegerekend worden. De hier voorgestelde berekening maakt onderscheid tussen emissies tijdens laden en na lossen terwijl de industrie-berekening stelt dat er alleen tijdens beladen emissies zijn.

In dit protocol zijn de belangrijkste stoffen opgenomen lettend op verdampingsfactor en verladen hoeveelheid. In principe kan de berekening voor alle stoffen binnen NSTR-3 plaatsvinden maar daarvoor moeten de stoffeigenschappen van alle voorkomende stoffen verzameld worden. Vooralsnog is deze mate van detail niet zinvol gezien de overige onzekerheden.

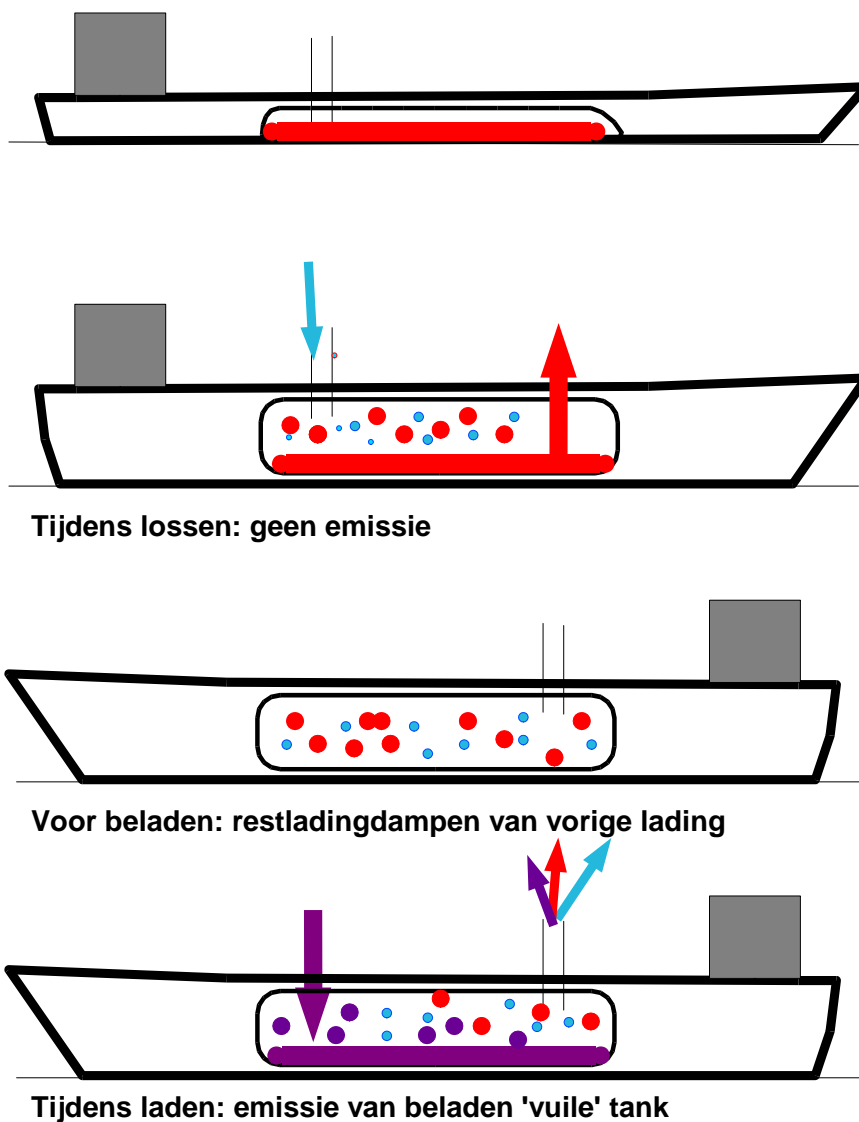
Er is geen moeite gedaan om de emissies regionaal te verdelen. Uit tabel 5 is wel te zien hoe verladen hoeveelheden zich verhouden per haven. De belangrijkste vraag blijft voorlopig waar emissies na lossen zullen plaatsvinden. De gehanteerde aanname is dat 50% van de restladingdamp op het NCP ontlucht wordt.

-
1. Auweraert, R. van der en Schuttinga: (CONCEPT) Emissiefactoren; lekverliezen van apparaten en verliezen bij op- en overslag, VROM, 2003
 2. Sevenster, M. et al: Ontgassen van lichters – Emissiebepaling, CE Delft, 2003
 3. Handbook of chemistry and physics; ICSC data sheets,
 4. Harmelen, A.K. van *et al*, November 2001, *Emissiemonitor, jaarcijfers 1999 en ramingen 2000 voor emissies en afval*, Rapportage reeks milieumonitor nr. 2.
 5. Rudd, Howard J en N.A.Hill; *Measures to reduce emissions of VOCs during loading and unloading of ships in the EU*, AEA Technology Environment report AEAT/ENV/R/0469, Aug. 2001
 6. Datasheet op internet:
[http://seweb2.phillips66.com/hes%5CMSDS.nsf/MSDSID/US775325/\\$file/C2000+Frac+\(English\).pdf](http://seweb2.phillips66.com/hes%5CMSDS.nsf/MSDSID/US775325/$file/C2000+Frac+(English).pdf)
 7. IMO Resolutie A.897(21), adopted 25.November 1999
 8. Tak, C van der: *Update vervoer gevaarlijke stoffen in bulk in het MANS-model*; MARIN report 16680.620/3, februari 2001

Bijlage A Principe ladingdampemissie bij zeeschepen

De ladingdampemissies die volgens [1] en [5] berekend worden treden op bij het beladen van een lege, al of niet met restdampen van de vorige lading gevulde tank. In Figuur 3 is schematisch aangegeven hoe de beladingscyclus eruit ziet. In de emissiefactor voor het beladen van een tank wordt rekening gehouden met de toestand van de tank vóór belading.

figuur 4 Schema van ladingdampemissie volgens [1] en [5] (alleen beladingsemis-sie)



Het is echter niet algemeen waar dat de 'rode' restdampen in de geloste tank blijven tot aan tijdstip en plaats van laden, zoals dat in het voorgaande schema is aangenomen. Zeker als er aan een laadterminal geen dampverwerkende voorzieningen zijn ligt het veel meer voor de hand om de restdampen zodra dat mogelijk en toegestaan is te ontluchten en zodoende met een 'schone' tank bij de beladingsterminal aan te komen. De totale emissie is dan mogelijk niet veel anders, maar wel de plaats waar die emissies plaatsvinden. Gezien het grote verschil tussen ruwe olie aan- en afvoer in Rotterdam maakt het voor de emissies in Nederland erg veel uit of emissies na lossen al of niet beschouwd worden.

.....
figuur 5 In dit protocol gehanteerde
 emissieschema: emissie na lossen en
 emissie tijdens beladen onderscheiden

