

EMS-protocol Emissies door Zeescheepvaart en Visserij: Uitloging van coatings in havens

Versie 2, 1.11.2003

1 november 2003

Auteur:

J. Meijerink

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en
Afvalwaterbehandeling

Colofon

Uitgegeven door: Adviesdienst Verkeer en Vervoer

Informatie: P.Paffen, km A2.18
AVV, Postbus 1031, 3000 BA Rotterdam

Telefoon: 010-2825726

Fax: 010-2825643

Projectuitvoering: Emissie Registratie en Monitoring Scheepvaart
(EMS)
Rijkwaterstaat,
Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Boompjes 200 Rotterdam

Datum: 1 november 2003

Status: Definitief

Versienummer: 2

Inhoudsopgave

1	Inleiding en scope	1–1
3	Emissiebron	3–1
3.1	Oorzaken	3–1
3.2	Maatregelen	3–1
4	Berekeningswijze	4–1
5	Emissieverklarende variabele	5–1
5.1	Bepaling met behulp van statistische gegevens	5–1
5.2	Tijdreeks 1990 tot heden	5–3
5.3	Jaarlijks bepaling	5–3
6	Aard van de emissiebron	6–1
7	Emissiefactoren	7–1
7.1	Emissiefactoren	7–1
7.2	Tijdreeks van 1990 tot heden	7–3
7.3	Jaarlijkse bepaling	7–3
8	Emissies	8–1
8.1	Emissiecijfers 2002	8–1
8.2	Emissie sinds 1990	8–1
8.3	Verschil in Methode	8–2
8.4	Verschil 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	10–2
11	Regionale opsplitsing	11–1
16	Referenties	16–1
Bijlage A	Totaal emissies in de haven	A-1

.....

Dit rapport beschrijft de omvang van de emissies in zeehavens van de zeescheepvaart en visserijvloot als gevolg van het gebruik van antifouling. Het rapport beperkt zich tot de emissies in Nederlandse havens en gaat niet in op het werkingsmechanisme van antifouling. De bron van de emissies is de tegen aangroei gecoate huid van zeeschepen en visserij schepen die de Nederlandse havens aandoen. In het rapport "Uitloging van zee- en visserij schepen op het NCP" [1] wordt een beschrijving gegeven van de emissies op het NCP als gevolg van het gebruik van antifouling van zee- en visserij schepen. De emissie wordt binnen de emissieregistratie toegekend aan de doelgroep Verkeer en vervoer.

3.1 Oorzaken

Een scheepshuid die wordt blootgesteld aan de marine omgeving raakt begroeit met kleine zeeorganismen als algen en pokken. Dit tast de coating aan, wat corrosie in de hand werkt, en resulteert in een lagere vaarsnelheid en een hoger brandstofgebruik. Om deze aangroei te beperken worden zogenoemde antifoulingverven toegepast op de scheepshuid die in contact staat met het zeewater. Deze verven werken op basis van uitloging van, voor de organismen, toxische stoffen. De meest toegepaste verfsystemen zijn tin- en koperhoudende antifouling. Daarnaast komen ook biocidehoudende antifouling-systemen voor. In alle drie gevallen betreft het een brede groep van stoffen. Zo vallen onder de groep tinhoudende antifouling b.v. de tributyltin methacrylaat (TBTM) en tributyltinoxide (TBTO), trifynyltin (TFT). Tot de koperhoudende antifouling worden stoffen gerekend als koperoxide, kopersulfide en koperthiocyanaad en onder de biocides worden stoffen gerekend als diuron, irgarol, chloorthalonil en dichloorfluoride. Omdat er te weinig bekend is over het toepassingspercentage van de afzonderlijke stoffen, is er in de berekening geen uitsplitsing gemaakt naar deze stoffen, maar wordt steeds gesproken over de groep van koperhoudende, organotinhoudende en biocidehoudende antifoulingverven.

3.2 Maatregelen

Voor koperhoudende antifouling zijn momenteel geen maatregelen van kracht en er is momenteel ook geen zicht op maatregelen. Voor tinhoudende antifouling is per 1 juli 2003 EU-verordening 782/2003 van kracht. De Europese Unie verbiedt de toepassing van tinhoudende antifouling op alle schepen die onder de vlag van één van de lidstaten varen [2]. Op schepen die de vlag van de lidstaat voeren of die onder het gezag van een lidstaat opereren mag met ingang van 1 juli 2003 geen tinhoudende antifouling meer worden toegepast. Met ingang van 2008 mag er op alle schepen die de havens van de EU aandoen, geen tinhoudende antifouling meer aanwezig zijn, behalve als hierop een afdekkende toplaag is aangebracht, die uitloging tegengaat. Deze regelgeving sluit aan bij de afspraken die zijn gemaakt in IMO-kader (International Maritime Organisation) en die voorzien in een wereldwijd verbod op de toepassing van tinhoudende antifoulingverven. Verwacht wordt dat er in de toekomst een verschuiving zal plaatsvinden van tin- naar koperhoudende antifouling, biocidehoudende antifouling en tin- en biocidevrije antifouling. In de berekening is hier nog geen rekening mee gehouden.

De visserijbranche heeft een convenant ondertekend waarin de afspraak is vastgelegd dat er vanaf 2000 geen tinhoudende antifouling meer zal worden toegepast en dat er vanaf 2003 geen tinhoudende antifouling meer aanwezig zal zijn als actieve toplaag [3]. Bij de convenantpartners, het Directoraat-Generaal Goederenvervoer en de Vereniging Nederlandse Scheepsbouw Industrie (VNSI), zijn geen cijfers bekend over het effect van het afspraken. Het effect van deze maatregel wordt op basis van expert judgement ingeschat op ca. 25% in 2002 en 12,5% in 2001. In de schatting is rekening met de nog korte looptijd van het convenant, het onderhoudsinterval van vissersschepen en de over het algemeen geringe uitvoering van convenantafspraken.

.....

De berekende emissie is het product van de uitloogsnelheid van de betreffende antifouling (de emissiefactor) en het nat scheepsoppervlak van de schepen die de Nederlandse havens bezoeken en de verblijftijd van de schepen in de havens (de emissieverklarende variabelen). De emissie wordt uitgedrukt in ton per jaar.

De uitloogsnelheden die worden gebruikt in de berekeningen zijn overgenomen uit de Mam-Pec-studie [4]. Het totale scheepsoppervlak is het product van het totaal aantal schepen dat de Nederlandse havens bezoekt en het gemiddeld oppervlak van een schip. Voor het aantal bezoekende zeeschepen en visserijsschepen is gebruik gemaakt van de CBS-database StatLine [5]. Het gemiddelde oppervlak van zee- en visserijsschepen is afgeleid uit de verkeersdatabase bij het risicomodel SAMSON [6]. Dit model wordt gevuld met Lloyds-gegevens over het aantal schepen dat vaart op het NCP, onderscheiden naar type en gewichtsklasse.

5.1 Bepaling met behulp van statistische gegevens

Het aantal schepen

In onderstaande tabel staat het totaal aantal bezoekende zee- en visserijschepen. De informatie is afkomstig van het CBS [5].

Tabel 1
Aantal bezoekende zee- en visserijschepen

Jaar	Aantal bezoekende zeeschepen	Aantal visserijschepen***
1990	45.920*	639
1993	42.168*	563
1994	43.835*	573
1995	44.056*	581
1996	42.830	557
1997	42.681	543
1998	42.401	546
1999	43.136	540
2000	43.406	528
2001	42.858	523
2002	42.377**	515**

* Omdat de StatLine database van het CBS geen gegevens bevat van voor 1996 zijn deze cijfers verkregen uit bijschatting van reeds bekende cijfers uit de factsheet 'Uitloging van zeeschepen in havens' [7]. De bijschatting bedraagt het gemiddeld aantal bezoeken, geschat op basis van de verschillen tussen de cijfers van de StatLine database en de factsheet over de jaren 1996-2000.

** Het jaarcijfer voor bezoekende zeeschepen over 2002 is geschat aan de hand van beschikbare cijfers over de eerste drie kwartalen van dat jaar. Het jaarcijfer voor het aantal visserijschepen over 2002 is nog niet bekend en is daarom gebaseerd op lineaire extrapolatie van de cijfers van voorgaande jaren.

*** Het totaal van het aantal kotters, trawlers, mosselschepen, kokkelschepen, en overige schelpdierschepen.

Bovenstaande cijfers van het aantal bezoekende zeeschepen betreft het cumulatief aantal schepen over alle Nederlandse zeehavens. Dat totaal is hoger dan het jaartotaalcijfer dat het CBS publiceert, omdat een schip per jaar meerdere havens kan bezoeken. Het jaartotaalcijfer werd in de emissieschatting van voorgaande jaren gebruikt. In bovenstaande cijfers zijn alle bezoeken meegeteld.

De CBS-database StatLine vermeldt de cijfers voor de volgende havens: Amsterdam, Delfzijl en Eemshaven, Dordrecht, Harlingen, IJmuiden, Klundert, Moerdijk, Rotterdam, Scheveningen, Terneuzen, Vlaardingen, Vlissingen, Zevenbergen, Zaanstad. De overige, kleinere zeehavens, zijn opgenomen onder "overige havens", zie ook tabel 10.

Het nat oppervlak

Het scheepsoppervlak is afgeleid uit de verkeersdatabase van het risicomodel SAMSON¹. Op basis van de verkeersdatabase kan het nat oppervlak van het aantal zeeschepen op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) worden berekend. Aangenomen is dat het gemiddelde nat scheepsoppervlak van de schepen die de Nederlandse havens bezoeken gelijk is aan het nat scheepsoppervlak van het gemiddeld aantal schepen op het NCP.

De formule van Mumford die wordt gebruikt voor de berekening van het nat oppervlak van schepen is:

$$NatOppervlak = lengte \cdot (1,7 \cdot diepte + breedte \cdot CB)$$

Waarin:

CB = blokcoëfficiënt. De blokcoëfficiënt corrigeert het oppervlak voor de scheepsvorm. Kleine slanke schepen hebben een kleiner onderwaterschip dan grote, volle schepen. De blokcoëfficiënt is een getal tussen 0,7 en 0,9. De in de berekening toegepaste blokcoëfficiënt is weergegeven in tabel 2 [8].

.....
Tabel 2
Blokcoëfficiënt

Scheepstype	CB
Lichters	0,90
Bulk carrier	0,85
Tanker	0,85
Algemene lading	0,75
Containerschip	0,70
Veerboot	0,70

De formule van Mumford berekent het nat oppervlak dat behoort bij de ontwerpdiepgang van het schip. Dat is de diepgang bij maximale belading. Het nat oppervlak wordt daarom gecorrigeerd voor de tijd dat het schip in ballast vaart. Aangenomen is dat een zeeschip 50% van de tijd vaart met maximale belading en 50% van de tijd in ballast. Bij het varen in ballast is aangenomen dat een zeeschip een werkelijke diepgang heeft van 60% van de ontwerpdiepgang. Over de gehele leeftijd van een schip betekent dat een gemiddelde werkelijke diepgang van 80% van de ontwerpdiepgang. Bij de berekening van de uitloging is een correctie voor de werkelijke diepgang toegepast.

Het gemiddeld onderwateroppervlak van de zeeschepen in Nederlandse zeehavens bedraagt conform bovenstaande berekeningswijze afgerond ca. 3500 m² (het niet afgeronde getal in de bijlage bedraagt 3533 m²).

Van het gemiddelde onderwateroppervlak van visserij schepen in Nederlandse havens bevat de verkeersdatabase van SAMSON geen gegevens. Wel is de lengte van de schepen bekend. Door gebruik te maken van de aannames die in de Mam-Pec-studie worden gebruikt voor de berekening van het onderwateroppervlak (de diepte van een

¹ Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the NorthSea; model bevat verkeersgegevens voor de Noordzee (in beheer bij AVV)

schip bedraagt 5% van de lengte en de breedte van een schip bedraagt 15% van de lengte) kan het onderwateroppervlak voor de visserij schepen worden berekend. Ook dit onderwateroppervlak is gecorrigeerd voor de vorm (blokcoëfficiënt) en voor het varen zonder lading. Voor het varen zonder lading is voor de eenvoud gerekend met dezelfde aannames als voor de zeeschepen.

Het gemiddeld nat oppervlak voor een visserij schip bedraagt afgerond ca. 440 m² (het niet afgeronde getal in de bijlage bedraagt 443 m²). Aangenomen mag worden dat een visserij schip over het algemeen breder is dan de aangenomen 15% van de lengte en minder diep dan 5% van de lengte. Dit levert echter naar verwachting een vergelijkbaar onderwateroppervlak op.

5.2 Tijdreeks 1990 tot heden

Voor de tijdreeks van 1990 tot heden zie tabel 1.

5.3 Jaarlijks bepaling

Bron voor jaarlijkse actualisatie

Voor het aantal bezoekende schepen en de omvang van de visserij vloot is het CBS de bron voor de jaarlijkse actualisatie.

De actualisatie van de berekende emissies kan eenvoudig worden uitgevoerd op basis van recente jaarcijfers van het aantal bezoeken zee- en visserij schepen. Deze cijfers worden jaarlijks gepubliceerd door het CBS.

Beschrijving data-aanvoerroute

De data van het CBS kunnen op twee manieren worden verkregen. Door gebruikmaking van de helpdesk van het CBS. Hier kunnen zowel telefonische als per mail vragen worden gesteld over gepubliceerde cijfers. De ander manier is het gebruikmaken van de database StatLine van het CBS. Deze database is benaderbaar via het internet. De benodigde gegevens komen uit de hoofdgroep "Bedrijfsleven" en vervolgens de groep "Verkeer, vervoer en communicatie", vervolgens de groep "Personen- en goederenvervoer". Selecteer uit deze groep de "zeevaart" en vervolgens "zeevaart, kwartaalcijfers". Om de juiste cijfers te verkrijgen dient in het tabblad "Periodes" de jaartotalen van 1996 t/m 2002 te worden geselecteerd en uit het tabblad "Belangrijkste Nederlandse havens" alle afzonderlijke zeehavens. Kies in het tabblad "Belangrijkste Nederlandse havens" niet voor "Nederland totaal". Daarin zijn de doublures niet meegenomen. Voor de visserij vloot dient de hoofdgroep "Bedrijfsleven" geselecteerd te worden en vervolgens de groep "Landbouw en visserij". Kies daarna voor "Visserij". Selecteer uit deze groep de "Zee- en kustvisserij". Om de juiste cijfers te verkrijgen dient in het tabblad "Onderwerpen" te worden gekozen voor "Vloot" en daarna voor "Aantal schepen". Alle types dienen geselecteerd te worden. Selecteer in het tabblad "Periodes" de gewenste jaren.

Aan het gebruik van de database en de helpdesk zijn geen kosten verbonden. StatLine bevat voor de zeevaart geen cijfers ouder dan 1996. Deze kunnen worden opgevraagd via de informatiedesk.

Bron voor periodieke data

Voor de berekening van het onderwateroppervlak is de verkeersdatabase van het risicomodel SAMSON de bron voor periodieke actualisatie. Voor het berekenen van het nat oppervlak van de schepen is gebruik gemaakt van de gegevens van de verkeersdatabase van SAMSON. De basisgegevens voor de verkeersdatabase over het jaar 2000 zijn afkomstig van Lloyds. Deze basisgegevens zullen mogelijk, gezien de hoge kosten, slechts periodiek worden aangekocht. Verwacht wordt dat vernieuwing van de Lloyds-database niet zal leiden tot grote veranderingen van het nat oppervlak, maar zeker is dat niet. De database is verkrijgbaar bij Lloyds. De Lloyds-gegevens worden door het Marin omgewerkt tot een verkeersdatabase. De verkeersdatabase is verkrijgbaar bij het Marin of bij AVV (E. Bolt). Zo mogelijk zou eens per jaar zal een nieuwe verkeersdatabase moeten worden opgesteld.

De emissie van coatings van schepen hebben een continu karakter. Omdat de emissie vrijkomt tijdens het liggen in of varen in de haven, kan ze worden gezien als puntbron.

7.1 Emissiefactoren

De emissiefactor is in feite de uitloogsnelheid van de antifouling. In de praktijk worden tinhoudende, koperhoudende en biocidehoudende antifouling gebruikt. De uitloogsnelheid van de antifouling bepaalt voor een belangrijk deel de berekende totale emissie. Onderstaande tabel is overgenomen uit de publicatie van het Mam-Pec-model en bevat de in de recente literatuur voorkomende uitloogcijfers.

Tabel 3
Literatuurgegevens uitloogsnelheden

Stof	Uitloogsnelheid $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$	Studie	Auteur
Tributyltin	4	Noordzee	Stronkhorst et al. 1996)
	2,5	jachthaven	Johnson and Luttk (1996)
	0,1 - 5	haven	Willington and Jacobson (1996)
Koper	1,3 - 3,0	schepen > 25 m	Lindgren et al. (1998)
	6,2	jachthaven	Matthiesen and Reed (1997)
	1 - 20	niet gespecific.	Hare (1993)
	8 - 25	schepen < 25 m	Lindgren et al. (1998)
	37 - 101	schepen > 25 m	Lindgren et al. (1998)
Irgarol	4 - 6*	exp. studie	Berg (1995)
	2 - 16	jachthaven	Ciba (1995)
	5	jachthaven	Scarlett et al. (1997)
	2,5 - 5	exp. studie	Thomas et al. (1997)
Sea-Nine 211	1 (0,1 - 5)	haven	Willington and Jacobson (1996)
Zink Omadine	3,3	exp. studie	Thomas et al. (1997)
Diuron	0,8 - 3.3	exp. studie	Thomas et al. (1997)
Dichlofluanid	0,6 - 1,7	exp. studie	Thomas et al. (1997)

* na 21 dagen. De eerste dagen was de uitloogsnelheid tussen de 7 en 61 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$.

De spreiding van de in de literatuur genoemde uitloogsnelheden van koperhoudende antifouling, is over het algemeen erg groot. Verder is in bovenstaande tabel de uitloogsnelheid voor koperhoudende antifouling relatief hoog in relatie tot de uitloogsnelheid van 2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$ die wordt aangehouden in de factsheet uit 2001 "Uitloging zeeschepen in havens" [7]. Deze uitloogsnelheid werd bepaald door Ros [9], waarbij hij de aanvankelijk berekende emissie van $46,9 \cdot 10^{-3} \text{ mg}/\text{cm}^2$ corrigeerde voor stilliggende schepen en voor het chloridegehalte van zeewater. De door Ros gecorrigeerde waarde ligt beneden de waarde van 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$ die, naar Ros zelf aangeeft, als de minimaal werkzame uitloogsnelheid moet worden beschouwd. Zonder deze correctie bedraagt de uitloogsnelheid 15,6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$ hetgeen in de lijn is met de literatuurgegevens.

Bij het stilliggen in havens is de uitloogsnelheid lager dan tijdens het manoeuvreren. Dit geldt voor alle antifoulingssystemen. Van TBT, als meeste bekende antifouling, is bekend dat de uitloging bij stilliggen minimaal 1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$ bedraagt [13]. Voor de andere systemen is dit verschil onbekend. In de berekening is rekening gehouden met een lagere uitloging voor organotin tijdens het stilliggen in de haven.

Omdat het Mam-Pec-model een breed geaccepteerd model is dat ook door OSPAR wordt gebruikt, worden bij de berekening van de emissies de standaard uitloogsnelheden gehanteerd zoals deze genoemd zijn in het Mam-Pec-model [4]. Voor stilliggende schepen is dit voor organotin aangevuld met de uitloogsnelheid tijdens het stilliggen:

koperhoudende antifouling	50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$
tinhoudende antifouling manoeuvreren	4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$
tinhoudende antifouling stilliggen	1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$
biocidehoudende antifouling	2,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$

Het Mam-Pec-model is ontwikkeld door het Institute for Environmental Studies (IVM) van de Vrije Universiteit te Amsterdam en het Waterloopkundig Laboratorium (WL) | Delft Hydraulics te Delft.

De grote spreiding in de uitloogsnelheden van koperhoudende antifouling resulteert in een grote onzekerheid in de berekende emissie. Een onzekerheid die zo groot is dat elke introductie van andere parameters die tot een betere schatting moeten leiden, valt binnen de foutenmarge van de gehanteerde uitloogsnelheid. Dit geldt in mindere mate ook voor tributyltin en biocides. Desalniettemin zijn de overige variabelen zo nauwkeurig mogelijk verwerkt, zodat nieuwe inzichten in de uitloogsnelheid in de toekomst eenvoudig kunnen worden verwerkt in een nieuwe emissieschatting.

Toepassingspercentage

Over de toepassingspercentages van de verschillende antifouling-verven, het percentage van de schepen waarop de betreffende antifouling daadwerkelijk is toegepast, is niet veel bekend. Dit ondanks dat deze parameter een belangrijk onderdeel is van de berekende emissie. In veel studie wordt bij de berekening van de totale emissie over het algemeen een toepassingspercentage van 100% gehanteerd. De Mam-Pec-studie vermeldt een review van Anderson [10] die uitgaat van een wereldwijde toepassing van 69% zelfslipende TBT-verven, 16% TBT-vrije zelfslipende verven en 15% andere antifoulingverven. Een studie van de OSPAR uit 2003 [11] gaat uit van toepassingspercentages van zelfslipende tinhoudende antifouling van 70% en van niet-zelfslipende tinhoudende antifouling van 30%. Het totale toepassingspercentage van tinhoudende antifouling wordt in de OSPAR-studie geschat op 80%-90%.

Bij het berekenen van de totale emissie uit coatings van zeeschepen in haven wordt, gezien de literatuurgegevens, uitgegaan van de volgende toepassingspercentages:

85% tinhoudende antifouling, waarvan 70% zelfslipende en 30% hard
10% koperhoudende antifouling en

5% biocidehoudende antifouling.

In de huidige berekening wordt geen onderscheid gemaakt tussen de uitloging van harde en zelfslipende tinhoudende antifoulingverven.

De verblijftijd van schepen in havens

In de berekeningen wordt verder uitgegaan van een gemiddelde verblijftijd van de zeeschepen in de haven van 1,5 dag. Deze gegevens zijn afkomstig van tellingen die zijn uitgevoerd in de Rotterdamse en Amsterdamse havens. Gemiddeld wordt er 3 uur besteed aan het manoeuvreren van de schepen [13].

Van de visserijvloot wordt aangenomen dat de schepen i.v.m. vangstquota en onderhoud ca. 3 maanden van het jaar niet uitvaren. Van de overige negen maanden wordt aangenomen dat de schepen alleen het weekend in de haven liggen. In totaal liggen de schepen dan 169 dagen per jaar in de haven. De Verenigde Nederlandse Visserijcoöperaties te Urk gaat uit van een verblijftijd in havens van ca. 3 dagen per week [12]. In de berekening wordt 160 dagen aangehouden. De manoeuvreertijd in havens door visserij schepen wordt als nihil verondersteld.

Verdeling over de compartimenten

De emissies vinden geheel plaats naar het oppervlaktewater. De emissies naar de bodem en de lucht worden verondersteld verwaarloosbaar te zijn.

7.2 Tijdreeks van 1990 tot heden

De emissiefactor is verondersteld constant te zijn in de tijd. Op termijn kan de emissiefactor aan de hand van nieuwe inzichten, b.v. door toekomstig onderzoek, gewijzigd worden.

Tabel 4
Emissiefactor jaarreeks

Emissiefactor ($\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$)				
jaar	koper	organotin (stilliggen)	organotin (manoeuvreren)	biocide
1990 t/m 2002	50	1	4	2,5

7.3 Jaarlijkse bepaling

De jaarlijkse bepaling van de emissiefactor is niet van toepassing. De schatting van de uitloogsnelheid kan worden verbeterd door het uitvoeren van periodiek onderzoek.

De gegevens over de ligtijden van zeeschepen in zeehavens zijn afkomstig van tellingen van de havens Amsterdam en Rotterdam. Ze zijn verkrijgbaar bij de heer Broekhuizen van HCC-net.

8.1 Emissiecijfers 2002

De emissie in 2002 bedroeg 13,1 ton koper, 2,6 ton organotin en 0,3 ton biocide. Het betreft zowel de emissie van de zeevaart als van de visserij. Voor een uitsplitsing van de cijfers zie de tabellen 5 en 6.

8.2 Emissie sinds 1990

Onderstaande tabel geeft voor de verschillende stoffen de emissies weer per jaar, uitgedrukt in ton/jaar.

Het betreft een vermenigvuldiging van de het aantal schepen, het gemiddeld nat oppervlak, de uitloogsnelheid, de verblijftijd, het toepassingspercentage en het effect van de maatregelen. Zie ook de bijlage.

Onderstaande tabellen geven de cijfers weer voor de zeescheepvaart, de visserij en het totaal van zeescheepvaart en visserij.

Tabel 5
Emissie zeescheepvaart in zeehavens

Emissie in ton/jaar								
jaar	aantal schepen	toepas %	koper	toepas %	organotin manoeuv	organotin stilliggen	toepas %	biocide
1990	45.920	10	12,17	85	0,69	1,90	5	0,30
1993	42.168	10	11,17	85	0,63	1,74	5	0,28
1994	43.835	10	11,61	85	0,66	1,81	5	0,29
1995	44.056	10	11,67	85	0,66	1,82	5	0,29
1996	42.830	10	11,35	85	0,64	1,77	5	0,28
1997	42.681	10	11,31	85	0,64	1,76	5	0,28
1998	42.401	10	11,23	85	0,64	1,75	5	0,28
1999	43.136	10	11,43	85	0,65	1,78	5	0,29
2000	43.406	10	11,50	85	0,65	1,79	5	0,29
2001	42.858	10	11,36	85	0,64	1,77	5	0,28
2002	42.377	10	11,23	85	0,64	1,75	5	0,28

Tabel 6
Emissie visserijvloot in zeehavens

Emissie in ton/jaar							
jaar	aantal visserij- schepen	toepas %	koper	toepas %	organotin stilliggen	toepas %	biocide
1990	639	10	2,26	85	0,38	5	0,06
1993	563	10	1,99	85	0,34	5	0,05
1994	573	10	2,03	85	0,34	5	0,05
1995	581	10	2,06	85	0,35	5	0,05
1996	557	10	1,97	85	0,34	5	0,05
1997	543	10	1,92	85	0,33	5	0,05
1998	546	10	1,93	85	0,33	5	0,05
1999	540	10	1,91	85	0,33	5	0,05
2000	528	10	1,87	85	0,32	5	0,05
2001	523	10	1,85	85	0,28	5	0,05
2002	515	10	1,82	85	0,23	5	0,05

Tabel 7
Emissie totaal zeescheepvaart en visserijvloot
in zeehavens

Emissie in ton/jaar			
jaar	koper	TBT	biocide
1990	14,43	2,97	0,36
1993	13,17	2,71	0,33
1994	13,64	2,81	0,34
1995	13,73	2,83	0,34
1996	13,32	2,75	0,33
1997	13,23	2,73	0,33
1998	13,17	2,72	0,33
1999	13,34	2,75	0,33
2000	13,37	2,76	0,33
2001	13,21	2,69	0,33
2002	13,05	2,62	0,33

8.3 Verschil in Methode

In voorgaande versies van de schatting van de emissie van de zeeschepen in haven werd steeds gerekend met een emissie per schip per jaar. Deze werd afgeleid uit de literatuur (de literatuurbronnen op hun beurt maakten gebruik van een uitloogsnelheid, een gemiddeld aantal bezoekende schepen per jaar en een geschat nat oppervlak). Vervolgens werd het product genomen van het aantal schepen en de emissiefactor en dat leverde de emissie per jaar. Voorgaande schattingen gingen alleen in op de emissie als gevolg van het gebruik van tinhoudende en koperhoudende antifouling. Hoe werd omgegaan met het toepassingspercentage van de verschillende antifoulingverven, is niet helemaal duidelijk.

In deze versie wordt uitgegaan van de uitloogsnelheid van de betreffende antifouling, een berekend nat oppervlak en een toepassingspercentage van de verschillende antifouling. Het berekende

nat oppervlak is berekend aan de hand van de verkeersdatabase van het model SAMSON.

8.4 Verschil in cijfers

In onderstaande tabel staan de emissiecijfers van het jaar 2003 naast die van de voorgaande publicaties.

Tabel 8
Vergijking van de cijfers met eerdere publicaties

jaar 2000	koperhoudende antifouling (ton)	tinhoudende antifouling (ton)	biocidehoudende antifouling (ton)
huidige publicatie	13,4	2,7	0,3
voorgaande publicatie	12,7	9,5	n.v.t.

De verschillen hebben hun oorzaak in de volgende wijzigingen.

Het nat oppervlak komt met gebruikmaking van de verkeersdatabase uit op gemiddeld ca. 3500 m² per schip. Het nat oppervlak is daarmee kleiner dan het nat oppervlak dat wordt gebruikt in eerdere publicaties. Toen werd veelal uitgegaan van een gemiddeld nat oppervlak van 5000 m².

In dit protocol zijn de uitloogcijfers voor koper overgenomen uit de Mam-Pec-studie (50 µg/cm²/dag). Daarmee is de uitloging voor koper nu veel hoger (was 2 µg/cm²/dag). Rechtvaardiging voor het gebruik van dit cijfer is geleverd door het RIVM dat heeft vastgesteld dat het getal van 2 µg/cm²/dag onder de minimaal werkende concentratie voor koper-houdende antifouling ligt. Verder worden de cijfers uit het Mam-Pec-model in vele studies gebruikt.

Het aantal bezoekende zeeschepen ligt over de gehele jaarreeks iets hoger dan het getal dat in eerdere publicaties werd gebruikt. Reden hiervoor is dat er in dit protocol gebruik is gemaakt van cijfers waarin dubbeltellingen van de scheepsbezoeken zijn meegenomen. Als een zeeschip in Nederland twee havens per jaar bezoekt dan werd in het verleden slechts 1 bezoek meegeteld. In de huidige berekeningen worden de doublures wel meegenomen.

In het verleden was de visserij niet opgenomen in de emissieberekening. In de huidige emissieberekening is de visserij wel verdisconteerd. De visserij levert een bijdrage van ca. 10 tot 14%.

De veel lagere emissie van organotin wordt grotendeels verklaard door wijziging van de verblijftijd in havens van 3 naar 1,5 dagen (voortschrijdend inzicht) en door medeneming van de lagere uitloogsnelheid bij het stilliggen.

Het min of meer gelijk blijven van de koperemissie roept in eerste instantie mogelijk weinig vagen op, maar is moeilijker te verklaren. Het grote verschil in de gebruikte uitloogsnelheid zorgt in eerste instantie

voor een sterke toename van de emissie. Het nat oppervlak is kwa omvang ongeveer 2/3 van het getal dat in eerdere publicaties werd gebruikt en zou de sterke stijging als gevolg van de nu gebruikte uitloogsnelheid deels teniet doen. Dat de koperemissie toch min of meer gelijk blijft, ligt naar het zich laat aanzien in het gebruikte toepassingspercentage. Het is niet duidelijk hoe voorgaande publicaties zijn omgegaan met het toepassingspercentage van het verfsysteem. De referenties in eerder publicaties gaan terug tot 1973. Mogelijk is er bij de berekening destijds uitgegaan van een 100% toepassing van koperhoudende antifouling.

Bovenstaande onzekerheden kunnen tevens worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie [14]. 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.

Het aantal zee- en visserijsschepen in Nederlandse havens wordt zorgvuldig bijgehouden, wat een classificatie A voor dat deel van de emissieverklarende variabele oplevert. Het nat oppervlak van de schepen en de verblijftijd in havens zijn gebaseerd op een technische berekening op basis van enkele aannames. Dit levert een classificatie E op. Totaal levert dit een voor de emissieverklarende variabele een classificatie B op.

De emissiefactoren zijn gebaseerd op een beperkt aantal metingen van een aantal jaren geleden, die zijn geëxtrapoleerd naar het heden op grond van aannames. Bovendien ontbreekt een kwantificering van de emissie tijdens varen. Op grond hiervan kan voor de emissiefactoren de classificatie C worden aangehouden.

De verdeling van de emissies over de verschillende compartimenten en de emissieroutes naar water zijn duidelijk geheel naar oppervlaktewater, zodat hiervoor de categorie A wordt gehanteerd.

Tabel 9
Classificatie volgens CORINAIR

Onderdeel emissieberekening	Betrouwbaarheid
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactoren	D
Verdeling compartimenten	A
Emissieroute naar water	A

Als regel geldt dat voor de overall kwaliteitsclassificatie van het protocol de laagste classificatie uit de tabel 9 wordt gehanteerd. In dit geval resulteert dat in een overall kwaliteitsclassificatie D.

10.1 Zwakke punten

De meest gevoelige parameter in de emissieberekening is de uitloogsnelheid. Deze parameter werkt lineair door in de emissieberekening. Voor alle in de zeevaart gebruikt antifoulingverven is de spreiding in de uitloogsnelheid van koperhoudende antifouling het grootst. Deze kent een bandbreedte van 1 tot 101 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$. De spreiding is zodanig dat eventuele onnauwkeurigheden in de overige parameters er nauwelijks toe doen. Desalniettemin zijn de overige variabelen zo nauwkeurig mogelijk verwerkt, zodat betere inzichten in de uitloogsnelheid in de toekomst eenvoudig kunnen worden verwerkt in een nieuwe berekening. De betrouwbaarheid van de uitloogcijfers is, ondanks de grote spreiding, het beste dat er op dit moment in de literatuur voor handen is.

De uitloogsnelheid van antifoulingverven is niet op elk moment gelijk. Zo is de uitloogsnelheid afhankelijk van de temperatuur, type, vaarsnelheid, levensduur, enz. De vaarsnelheid heeft grote invloed maar is op basis van de huidige kennis alleen verdisconteerd voor organotin. Het verdient aanbeveling om de differentiatie in uitloogsnelheid in relatie tot vaarsnelheid in de toekomst ook voor koper- en biocidehoudende antifouling op te nemen in de emissieberekening. Ook kan nog onderscheid worden gemaakt naar harde of zelfslippende antifouling.

Het toepassingpercentages van de verschillende antifoulingverven is tevens een belangrijke parameter. Ze beïnvloedt direct de berekende emissie. Desondanks zijn er erg weinig gegevens bekend over het toepassingspercentage. Nagenoeg geen enkele studie doet uitspraken over het toepassingspercentage van antifoulingverven. Een Deense studie [11] gaat uit van een toepassingsgraad van tinhoudende antifouling van 80-90%, waarvan ca. 70% zelfslippende tinhoudende antifouling. Dit komt goed overeen met de cijfers in de Mam-Pec-studie.

Het aantal bezoekende zeeschepen blijft over de gepresenteerde jaren min of meer gelijk. De cijfers zijn afkomstig van het CBS en worden als zeer betrouwbaar gezien. Dit geldt tevens voor de gegevens van Lloyds en voor de verblijftijd van de zeeschepen in haven. Bij de laatst genoemde variabele is de

Het onderwateroppervlak van de schepen, dat wordt berekend met de in hoofdstuk 2 genoemde formule, is afhankelijk van een zogenaamde blokcoëfficiënt. In de Deense studie [11] veronderstelt dat het werkelijke onderwateroppervlak 90% van het berekende

onderwateroppervlak is, omdat er rekening moet worden gehouden met het niet altijd volledig beladen zijn van het schip. In dit rapport is uitgegaan van 80%.

10.2 Belangrijkste verbeterpunten

Het voorgaande geeft reeds aan dat de belangrijkste verbeterpunten zijn (in mate van belangrijkheid):

- er dient te worden gezien of er jaarlijks een nieuwe verkeersdatabase kan worden aangemaakt door het Marin. Hiervoor dient een Lloyds verkeersbestand te worden aangekocht dat dient te worden omgewerkt tot een verkeersdatabase. Aankoop en verwerking kost naar verwachting enkele maanden. De kosten voor de database van Lloyds zijn ongeveer €28.000. De kosten voor het omwerken van de gegevens tot een verkeersdatabase bedragen ongeveer €14.000;
 - er dient te worden nagegaan wat de invloed is van een specificatie van de uitloogsnelheid per de afzonderlijke antifoulingverven binnen de groepen van organotin-, koper- en biocidehoudende antifoulingverven;
 - nagegaan zou moeten worden welke verschillen er zijn in uitloogsnelheid tijdens het varen en stilliggen van schepen voor koper en biocidehoudende antifouling;
 - het verdient aanbeveling een monitoringsonderzoek uit te voeren naar het effect van de convenantafspraken met de visserijsector. Het ligt voor de hand dat de convenantpartners een dergelijk onderzoek uitvoeren of laten uitvoeren;
 - het verdient aanbeveling een gedegen studie uit te voeren naar de uitloogsnelheid van koper-houdende antifouling;
- nagaan wat de verhouding is in het toepassingspercentage van zelfslijpend versus harde antifouling.

Regionalisatie van de berekende emissies voor de zeescheepvaart kan eenvoudig worden uitgevoerd aan de hand van onderstaande tabel. De tabel geeft het aantal bezoeken zeeschepen per haven weer. Voor de jaren van voor 1996 is deze statistiek niet beschikbaar. De statistiek is ook niet beschikbaar voor visserij schepen.

Tabel 10
Bezoeken zeeschepen naar regio

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002 *
Amsterdam	4014	4522	3818	3951	4383	4655	3090
Delfzijl en Eemshaven	1039	889	909	836	989	1042	853
Dordrecht	1025	988	966	815	800	721	610
Harlingen	190	314	323	311	263	207	198
IJmuiden	1380	1485	1626	1575	1516	1520	1181
Klundert	730	-	-	-	-	-	-
Moerdijk	-	-	-	1160	1317	1214	973
Rotterdam	25078	24768	25066	25846	25932	25095	18627
Scheveningen	877	967	1153	1196	1193	1252	927
Terneuzen	1838	2073	1732	1856	1718	1876	1553
Vlaardingen	1117	987	936	860	824	569	426
Vlissingen	3527	2928	2978	3207	2922	3370	2370
Zevenbergen	-	920	1101	-	-	-	-
Zaanstad	397	328	316	295	230	177	111
Overige havens	1618	1512	1477	1234	1319	1160	864

* alleen de eerste drie kwartalen

Uit de cijfers kan worden afgeleid dat ongeveer 60% van de emissies in de Rotterdamse haven plaatsvindt, 10% in de Amsterdamse haven en 7% in de haven van Vlissingen. De regionalisatie is in deze notitie niet verder uitgewerkt.

1. Meijerink, J. (2003). *EMS-protocol, Emissies door Zeevaart en Visserij, Uitloging van coatings op het Nederlands Continentaal Plat, RIZA, werkdocumentnummer 2003.150X* (zie elders in Deel I).
2. EU (2003). *Verordening (EG) Nr. 782/2003 van het Europees Parlement en de Raad d.d. 14 april 2003 houdende een verbod op organische tinverbindingen op schepen*. PB L 115/1 (9.5.2003).
3. *Oppervlaktebehandeling en corrosiebestrijding (O&C) (2000). Convenant beëindiging gebruik tinhoudende aangroeiwerende verven op vissersvaartuigen d.d. 14 december 2000*. O&C, jaargang 44, 2000, nr. 4.
4. Hattum, B. van, Baart, A.C., Boon, J.G. (2002) *Computer model to generate predicted environmental concentrations (PECs) for antifouling in the marine environment, 2nd edition accompanying the release of Mam-Pec version 1.4*. rapportnr. E-02-04 / Z3117. IVM, Amsterdam | WL, Delft.
5. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2003) *Elektronische database StatLine*. Internetapplicatie.
6. Glansdorp, C.C., Tak, C. van der. (1993) *Modellering van de functie "scheepvaart" in het MANS-project*. MARAN&MSCN.
7. Roovaart, J.C. van den. (2002) *Uitloging zeeschepen in havens*. RIZA-werkdocument nr. 2001.088X, volgnr. 3.
8. Harvard, Sv. Aa. (1983) *Resistance and Propulsion of Ships*.
9. Ros, J.P.M. (1987) *Koperemissies als gevolg van het gebruik van aangroeiwerenden verven*. RIVM Bilthoven, rapportnr. 758474004.
10. Anderson, C.D. (1993) *Self polishing antifoulings: a scientific perspective*. Courtaulds Coating, International Paint, Newcastle.
11. OSPAR. Environmental assessment and monitoring committee (ASMO). (1998) INPUT 03/3/6-E. *An example of estimating the marine inputs of antifouling agents from shipping - including the methodology*. SPA. 20-24.
12. Persoonlijke mededeling van de heer Visser van de Verenigde Visserijcoöperatie te Urk.
13. Willemsen P.R., Ferrari, G.M. (1992) *Emissies van organotin naar Nederlandse oppervlaktewateren*. TNO-rapport, rapportnr. C 92.1003.
14. Harmelen, A.K. van et al. November 2001. *Emissiemonitor, jaarcijfers 1999 en ramingen 2000 voor emissies en afval*. Rapportage reeks milieumonitor nr. 2.

Bijlage A Totaal emissies in de haven

Totaal emissie schepen in de haven			
Zeeschepen		Visserij	
tonnage	oppervlak m2	tonnage	oppervlak m2
0.1 - 0.5 kt	1178,83	<50 ton	9095,90
0.5 - 1.0 kt	7413,29	50-100 ton	15032,08
1.0 - 1.6 kt	22974,74	0.1-0.5 kton	24906,64
1.6 - 10 kt	235657,89	0.5-1.0 kton	2973,45
10 - 30 kt	201761,70	1.0-1.6 kton	118,74
30 - 60 kt	132505,08	>1.6 kton	314,00
60 - 100 kt	36152,93	totaal	52440,81
> 100 kt	8825,00		
totaal	646469,46		
Gem. oppvl m2	3533	Gem. oppvl m2	443
Totaal verblijftijd zeeschepen	1,5	dagen/jaar	
Stilliggen in havens	1,375	dagen/jaar	
Manoeuvreren in havens	0,125	dagen/jaar	
Stilligtijd vissersschepen	160	dagen/jaar	

Zeeschepen								
Jaar	Aantal zeeschepen	Toepassings-percentage	Emissie Cu (ton)	Toepassings-percentage	Emissie organotin manoeuvrerend (ton)	Emissie organotin stilliggen (ton)	Toepassings-percentage	Emissie Biocide (ton)
1990	45.920	10	12,17	85	0,69	1,90	5	0,30
1993	42.168	10	11,17	85	0,63	1,74	5	0,28
1994	43.835	10	11,61	85	0,66	1,81	5	0,29
1995	44.056	10	11,67	85	0,66	1,82	5	0,29
1996	42.830	10	11,35	85	0,64	1,77	5	0,28
1997	42.681	10	11,31	85	0,64	1,76	5	0,28
1998	42.401	10	11,23	85	0,64	1,75	5	0,28
1999	43.136	10	11,43	85	0,65	1,78	5	0,29
2000	43.406	10	11,50	85	0,65	1,79	5	0,29
2001	42.858	10	11,36	85	0,64	1,77	5	0,28
2002	42.377	10	11,23	85	0,64	1,75	5	0,28

Visserij							
Jaar	Aantal zeeschepen	Toepassings-percentage	Emissie Cu (ton)	Toepassings-percentage	Emissie organotin stilliggen (ton)	Toepassings-percentage	Emissie Biocide (ton)
1990	639	10	2,26	85	0,38	5	0,06
1993	563	10	1,99	85	0,34	5	0,05
1994	573	10	2,03	85	0,34	5	0,05
1995	581	10	2,06	85	0,35	5	0,05
1996	557	10	1,97	85	0,34	5	0,05
1997	543	10	1,92	85	0,33	5	0,05
1998	546	10	1,93	85	0,33	5	0,05
1999	540	10	1,91	85	0,33	5	0,05
2000	528	10	1,87	85	0,32	5	0,05
2001	523	10	1,85	85	0,28	5	0,05
2002	515	10	1,82	85	0,23	5	0,05

Totaal zeescheepvaart en visserij

Jaar	Cu (ton)	Organotin (ton)	Biocide (ton)
1990	14,43	2,97	0,36
1993	13,17	2,71	0,33
1994	13,64	2,81	0,34
1995	13,73	2,83	0,34
1996	13,32	2,75	0,33
1997	13,23	2,73	0,33
1998	13,17	2,72	0,33
1999	13,34	2,75	0,33
2000	13,37	2,76	0,33
2001	13,21	2,69	0,33
2002	13,05	2,62	0,33

Uitloogsnelheid koper houdende antifouling	50 ug/cm2/dag
Uitloogsnelheid TBT-houdende antifouling manoeuvreren	4 ug/cm2/dag
Uitloogsnelheid TBT-houdende antifouling stilliggen	1 ug/cm2/dag
Uitloogsnelheid biocide-houdende antifouling	2,5 ug/cm2/dag