

**Emissieschattingen Diffuse bronnen
Emissieregistratie**

**Coatings zeescheepvaart
en visserij**

Versie mei 2015

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT – WATERDIENST
Uitgevoerd door DELTARES en TNO

Coatings zeescheepvaart en visserij

1 Omschrijving

De bron van de emissies is de coating, die is aangebracht op de buitenkant van zeeschepen en vissersschepen. De toepassing van een geschikte coating zorgt voor een oppervlakte waarbij een schip met zo gering mogelijk weerstand kan varen. Deze coating heeft ten doel de aangroei van organismen tegen te gaan en voor dat doel logen de meeste coatings continu bestrijdingsmiddelen uit.

De emissie wordt binnen de emissieregistratie toegekend aan de doelgroep Verkeer en vervoer. Het gaat om de emissies van TBT, koper en zogenoemde co-biociden (vaak ook boosters genoemd). Deze co-biociden zijn componenten als diuron en irgarol die de aangroeiwerende werking van de coating versterken.

2 Toelichting berekeningswijze

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) met een emissiefactor (EF).

*emissie = emissieverklarende variabele * emissiefactor*

De emissieverklarende variabele is het nat scheepsoppervlak (WSA) in de Nederlandse wateren (in m²) dat gemiddeld aanwezig is. De emissiefactor is de uitloging van TBT, Cu en co-biociden, hier uitgedrukt in µg cm⁻² dag⁻¹.

In de berekeningen van de emissies per jaar wordt de emissieverklarende variabele voor verschillende jaren geschat door rekening te houden met de veranderingen in het natte scheepsoppervlak en de toepassingspercentages van de verschillende technologieën c.q. de verschillende coatingtypen.

De totale emissie per ruimtelijk gebied wordt geaggregeerd weergegeven per stof met sommatie over alle bijdragen van de emissies uit de coatings voor de aanwezige schepen, voor alle scheepsgrootten en scheepstypen, zowel voor schepen die varen of stilliggen in havens.

Emissie per stof x per jaar = WSA * Toepassingsfactor stof x * UITLx

waarin:

WSA= nat oppervlak alle schepen (m²)
Toepassingsfactor stof x (dimensieloos)
UITLx = uitloogsnelheid van stof x

3 Emissieverklarende variabele

Voor ieder schip dat rondvaart op het Nederlands deel van het continentaal plat is het maximaal nat scheepsoppervlak bepaald, gebruik makend van bekende scheepsdimensies uit het Lloyds-scheepsregister. Deze gegevens zijn door MARIN vervolgens toegepast op de verkeersdatabase nadat eerst gemiddeld was over de SAMSON-scheepstypen en SAMSON-scheepsgroottesklassen. De emissie verklarende variabele is het totaal oppervlak van alle schepen in de Noordzee dat zich gemiddeld per dag onder de waterspiegel bevindt. Deze gegevens zijn afgeleid door MARIN uit AIS gegevens [2]. Sinds 2005 hebben alle zeeschepen met een tonnage groter dan 300 ton een AIS transponder (AIS = Automatic Identification System) aan boord die een aantal malen per minuut automatisch berichten uitzendt met gegevens van het schip waaronder de exacte positie. Dit leverde per geografische gridcel (ruimtelijke geografische eenheid) gegevens op over de aanwezigheid van schepen.

Tabel 1: Emissieverklarende variable (EVV) van Zeeschepen en Vissersschepen op Noordzee.

Jaar	NCP Zeeschepen 2004 = 735709			NCP Vissersschepen 2000 = 56787		
	Aantal	EVV(m2)	Trend	Aantal	EVE(m2)	Trend
1990	45920	766976	1,04	639	66459	1,17
1995	44056	735843	1	563	58555	1,03
2000	42087	702955	0,96	546	56787	1
2005	43189	721362	0,98	441	45866	0,81
2010	43189	724453	0,99	441	39314	0,69
2012	43189	724453	0,99	441	39314	0,69
2013	43189	724453	0,99	441	39314	0,69

Tabel 2: Emissieverklarende variable (EVV) van Zeeschepen en Vissersschepen van/in/naar havens.

Jaar	Havens Zeeschepen 2004 = 757087			Havens Vissersschepen 2004 = 128559		
	Aantal	EVV(m2)	Trend	Aantal	EVE(m2)	Trend
1990	45920	632248	1,04	639	173677	1,35
1995	44056	606618	1	563	153021	1,19
2000	42087	579506	0,96	546	148400	1,15
2005	43189	742323	0,98	441	119862	0,93
2010	43189	962821	1,62	441	102739	0,8
2012	43189	962821	1,62	441	102739	0,8
2013	43189	962821	1,62	441	102739	0,8

Bovenstaande cijfers zijn opgebouwd uit totalen van de cijfers voor de Nederlandse zeehavens. Dit totaal is hoger dan het jaartotaalcijfer dat het CBS publiceert, omdat een schip meerder havens kan bezoeken. In bovenstaande cijfers zijn alle bezoeken meegeteld. De gegevens gaan terug tot het jaar 1996. Van eerdere jaren publiceert het CBS geen online gegevens en hiervoor zijn schattingen gemaakt [1].

De volgende havens zijn meegenomen t/m 2009: Amsterdam, Delfzijl en Eemshaven, Dordrecht, Harlingen, IJmuiden, Klundert, Moerdijk, Rotterdam, Scheveningen, Terneuzen, Vlaardingen, Vlissingen, Zevenbergen en Zaanstad. In de vernieuwde emissieschattingmethode (MARIN, 2010) zijn voor de jaren vanaf 2010 de beschikbare gegevens voor zeeschepen meegenomen van de Nederlandse haven gebieden Westerschelde, Rotterdam, Eems-Dollard en Amsterdam.

4 Emissiefactoren

De gebruikte emissiefactoren van zeeschepen worden hieronder benoemd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de periode 1990 t/m 2009 en de periode na 2010. In periode 1990 t/m 2009 is de mate van toepassing berekend op basis van uitkomsten van berekeningen met doorrekening van referentiejaar 2005 met een economisch model [1] waarin alleen prognoses van beleidsontwikkelingen en economische ontwikkelingen mee zijn genomen. In deze modelberekeningen voor nieuwere jaren na 2005 zijn mogelijke actuele ontwikkelingen niet meegenomen. Vanaf 2010 is de vernieuwde emissieschattingmethode van Marin [2] toegepast op basis van bekende beschikbare vernieuwde gegevens de actuele toepassingen per scheepstype en uitloogpercentages per coating. Vanaf 2010 wordt daarbij het economische model uit de achtergrondrapportage [1] niet meer toegepast. De gebruikte uitloogsnelheden zijn daarmee vanaf 2010 zijn gebaseerd op vernieuwde gegevens [2]. Voor stilliggende en langzaam varende (< 5 mijl/uur) schepen wordt ook vanaf 2010 een lagere emissiefactor gehanteerd dan voor snelvarende schepen omdat de uitlooging op een lager niveau ligt (75%) [2].

Tabel 3 Emissiefactoren coatings zeeschepen en vissersschepen t/m 2009 [1]

Soort coating/component	type schepen	toepassing percentage 1990 t/m 2009	uitloosnelheid ug cm-2 dag-1
TBT -houdende coating	alle	85 naar 0	
- TBT	alle		4
- koper	alle		7
koper-houdende coating	alle	10 naar 90	
- koper	alle		10
- co-biociden	alle		1,5
Non-stick coating	stilliggende/langzaamvarend	5	
Non-stick coating	snelvarend	5 naar 10	
- geen	alle		nvt

Tabel 4 Emissiefactoren coatings zeeschepen en vissersschepen vanaf 2010 [2]

Soort coating/component	type schepen	toepassing percentage Vanaf 2010	uitloosnelheid ug cm-2 dag-1
TBT -houdende coating	alle	0	
- TBT	alle		nvt
- koper	stilligende	99	
koper-houdende coating	snelvarende	76	
- koper	alle		6
- co-biociden	alle		0,9
Non-stick coating	Stilligende/langzaamvarende	1	
Non-stick coating	snelvarende	24	
- geen	alle		Nvt

5 Maatregelen en effecten

Biofouling op scheepshuiden

Op een scheepshuid in een marine omgeving zet zich vrijwel onmiddellijk een laag bacteriën af. Dit is een substraat waarop o.a. algen kunnen groeien. Deze laag algen is op haar beurt weer een voedingsbodem voor allerlei grotere organismen (zoals o.a. zeepokken), waardoor de scheepshuid uiteindelijk overwoekerd kan worden door complete mosselbanken.

TBT-houdende antifouling coatings

Om biofouling tegen te gaan wordt antifouling toegepast. Van oudsher werden de scheepshuiden met (platen) koper afgeschermd. Sinds eind jaren '60 van de vorige eeuw kwam toepassing van TBT (tributyltin)-houdende coatings in zwang. Dit bleek een betaalbare en zeer effectieve manier om biofouling tegen te gaan en al snel werd het merendeel van de zeevarende schepen uitgerust met TBT-houdende coatings.

In de jaren negentig werd echter duidelijk dat TBT onverwachte en verontrustende neveneffecten had en werd TBT in steeds meer regio's geweerd. In 2001 is door IMO (International Maritime Organisation) een verdrag ondertekend dat nieuwe toepassing van TBT wereldwijd vanaf 2003 en het varen met schepen met TBT-houdende coatings vanaf 2008 verbiedt. Dit verdrag is sinds 2008 door meer dan 75% van de deelnemende lidstaten, waaronder Nederland, geratificeerd.

In Europees verband is inmiddels EU-verordening 782/2003 van kracht, welke de toepassing van TBT-houdende coating verbiedt op alle schepen die onder de vlag van één van de EU-lidstaten varen. Vanaf 2010 wordt uitgegaan dat er geen schepen zijn die nog legaal TBT emitteren. Hiermee wordt uitgegaan dat er vanuit schepen geen emissies meer zijn van TBT. Uit monitoringgegevens van RWS blijkt dat in de kustzone, Waddenzee en Eems-Dollard sprake is van sterk dalende concentratie van TBT.

Cu-houdende antifouling coatings

Al ruim voor het bekend worden van het verbod op TBT-houdende coating is de verproducerende sector aan de slag gegaan met de ontwikkeling van alternatieven. De meeste alternatieven zijn gebaseerd op Cu₂O als actieve component, eventueel aangevuld met ZnO en zogenoemde co-biociden als Diuron, Irgarol, Zinkpyrithion, Diclofluanid, Zineb en Seanine.

Andere ontwikkelingen – non stick coatings

Een nieuwe veelbelovende ontwikkeling zijn de zachte non-stick coatings. Dit zijn zeer gladde coatings, veelal op basis van siloxanen en zijn qua werking vergelijkbaar met de anti-aanbaklaag van een braadpan. Deze coatings zijn zo glad dat biofouling weinig grip krijgt op de sloopshuid. Tijdens het varen op snelheid spoelt de biofouling van de sloopshuid af. Inmiddels zijn de eerste ervaringen opgedaan met non-stick coatings en deze zijn veelbelovend, vooral bij snelvarende schepen als containerschepen en passagiersschepen. Deze non-stick coatings zitten momenteel in het productenpakket van de meeste belangrijke coatingleveranciers en de implementatie daarvan lijkt succesvol. Daarnaast zijn in de afgelopen jaren ook harde non-stick coatings op de markt gebracht op basis van polyester, maar deze worden nog maar heel weinig toegepast.

Voor deze non-stick coatings wordt uitgegaan dat deze meer en meer worden toegepast. Er wordt voor de jaren 1990 tot 2009 uitgegaan van een toepassing oplopend tot 5 % resp. 10% bij langzaam varende resp. snelvarende schepen. In het vernieuwde emissieschattingmodel [2] wordt uitgegaan van iets andere toepassingspercentages voor langzaam varende resp. snelvarende schepen 1% resp. 24 % vanaf 2010.

6 Emissies

In onderstaande tabellen, tabel 5 tot en met 9, staan de emissies per stof vanuit coatings op zeeschepen en vissersschepen voor de jaren 1990 t/m 2013 voor zowel het NCP als de Nederlandse havens en vaarwegen. De namen van stoffen zijn naast directe benoeming van de actieve stof koper en tributyltin vooral weergegeven als merknamen. Onder de merknaam Seanine 211 valt b.v. de actieve stof 4,5-dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one. In het emissieschattingmethode van MARIN worden alle emissies van koper toegekend onder emissie van stof koper terwijl in het eerdere model de emissies van koperthiocyanaat apart benoemd werden en toegekend werden als co-biocide. In het model van MARIN [2] wordt uitgegaan dat Tolyfluanide niet of nauwelijks wordt gebruikt als antifoulingbiocide omdat deze biocide vooral voor toepassingen voor de landbouw op de markt is gebracht, in tegenstelling tot Diclofluanide die wel specifiek als antifoulingbiocide wordt ingezet in verven. De emissies van tributyltin uit scheepvaart zijn vanaf 2010 als afwezig aangenomen. De weergegeven trendontwikkeling van de emissies voor de periode 1990 t/m 2013 zijn met name bepaald door de doorwerking van internationaal en Europees beleid op de toe te passen antifouling verven. Het aandeel van de stilliggende schepen is sinds de economische crises vanaf 2009 sterk toegenomen.

Tabel 5: Emissies door coatings van zeeschepen op NCP in de periode 1990-2013, (kg/jaar)

Stofnaam	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Koper	19488	18698	18245	21416	14133	14133	14133
Tributyltinverbindingen	9518	9132	8211	4634	0	0	0
Dichlofluanide	60	58	83	286	424	424	424
Irgarol	60	58	83	286	424	424	424
Tolyfluanide	60	58	83	286	0	0	0
Koperthiocyanaat	60	58	83	286	0	0	0
Seanine-211 (kathon)	60	58	83	286	424	424	424
Zineb	60	58	83	286	424	424	424
Zinkpyrithion	60	58	83	286	424	424	424

Tabel 6: Emissies door coatings van zeeschepen in 12 mijlzone in de periode 1990-2013, (kg/jaar)

Stofnaam	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Koper	4009	3847	3753	4415	7260	7260	7260
Tributyltinverbindingen	1958	1879	1689	953	30	30	0
Dichlofluanide	12	12	17	59	121	121	121

Stofnaam	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Irgarol	12	12	17	59	121	121	121
Tolyfluanide	12	12	17	59	121	121	121
Koperthiocyanaat	12	12	17	59	121	121	121
Seanine-211 (kathon)	12	12	17	59	121	121	121
Zineb	12	12	17	59	121	121	121
Zinkpyrithion	12	12	17	59	121	121	121

Tabel 7: Emissies door coatings van zeeschepen in havens in de periode 1990-2013, (kg/jaar)

Stofnaam	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Koper	12051	11562	11283	13220	12956	12956	12956
Tributyltinverbindingen	5912	5672	5100	2878	0	0	0
Dichlofluanide	37	36	51	175	389	389	389
Irgarol	37	36	51	175	389	389	389
Tolyfluanide	37	36	51	175	389	389	389
Koperthiocyanaat	37	36	51	175	0	0	0
Seanine-211 (kathon)	37	36	51	175	0	0	0
Zineb	37	36	51	175	389	389	389
Zinkpyrithion	37	36	51	175	389	389	389

Tabel 8: Emissies door coatings van zeeschepen stilliggend in havens in de periode 1990-2013, (kg/jaar)

Stofnaam	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2013
Koper	1689	1488	1474	1565	3129	3129	3129
Tributyltinverbindingen	825	727	663	33	0	0	0
Dichlofluanide	5	5	7	32	94	94	94
Irgarol	5	5	7	32	94	94	94
Tolyfluanide	5	5	7	32	94	94	94
Koperthiocyanaat	5	5	7	32	0	0	0
Seanine-211 (kathon)	5	5	7	32	0	0	0
Zineb	5	5	7	32	94	94	94
Zinkpyrithion	5	5	7	32	94	94	94

Tabel 9: Emissies door coatings van vissersschepen op NCP in de periode 1990-2013, (kg/jaar)

Stofnaam	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
Koper	3310	2916	2889	2889	2436	2436	2436
Tributyltinverbindingen	1624	1431	1306	66	0	0	0
Dichlofluanide	10	9	13	63	52	52	52
Irgarol	10	9	13	63	52	52	52
Tolyfluanide	10	9	13	63	52	52	52
Koperthiocyanaat	10	9	13	63	52	52	52
Seanine-211 (kathon)	10	9	13	63	52	52	52
Zineb	10	9	13	63	52	52	52
Zinkpyrithion	10	9	13	63	52	52	52

7 Verdeling compartimenten

De primaire emissie van de besproken emissiebron vindt in zijn geheel plaats naar het oppervlaktewater en niet naar de lucht

8 Emissieroutes naar water

De emissies vinden voor 100% plaats direct naar oppervlaktewater. Er is geen sprake van lozingen op riool.

9 Regionalisatie

De emissies per kaartvierkant van 5x5 kilometer zijn bepaald met behulp van het nat onderwateroppervlak (WSA) dat berekend is per scheepstype op basis van verwerkte AIS-gegevens met behulp van de SAMSON verkeersdatabase (verzamelde gegevens afkomstig uit Lloyds verkeersdatabase). De emissieschattingmethode (TNO,2010) voor emissies van 1990 t/m 2009 is gebaseerd op de AIS-gegevens uit 2007 en de SAMSON-database uit 2004. Voor de jaren vanaf 2010 is gebruik gemaakt van de vernieuwde emissieschattingmethode (MARIN, 2012) die gebaseerd is op de AIS-gegevens uit 2010 en de SAMSON-database uit 2008.

De verkeerssoorten die hierin zijn meegenomen zijn:

- Routegebonden scheepvaartverkeer
- Voor ankerliggende schepen
- Visserschepen
- Werkschepen

Voor ieder schip dat rondvaart op het Nederlands deel van het continentaal plat is het maximaal nat scheepsoppervlak bepaald, gebruik makend van bekende scheepdimensies uit het Lloyds-scheepsregister. Deze gegevens zijn door MARIN vervolgens toegepast op de verkeersdatabase nadat eerst gemiddeld was over de SAMSON-scheepstypen en SAMSON-scheepsgrootteklassen. Na de regionalisatie kunnen de emissies weergegeven worden voor verschillende ruimtelijke indelingen zoals de KRW-waterlichamen.

De emissie verklarende variabele voor de bronnen die zijn gerelateerd aan de zeescheepvaart is het aantal schepen en het aantal personen op schepen dat zich gemiddeld over het jaar op de Noordzee bevindt.. De regionale verdeling daarvan is door Marin uitgerekend op basis van het aantal schepen dat gemiddeld per jaar zich in een bepaalde gridcel aanwezig was [2]. Dit wordt sterk bepaald door de reguliere vaarroutes op de Noordzee en naar de zeehavens.

10 Opmerkingen en wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

Deze factsheet is primair gebaseerd op de ontwikkelde emissieschattingmethode uit het achtergrondrapport van Coatings zeescheepvaart en visserij (TNO, 2008) [1]. Op basis van het rapport Coatings emissions of sea ships (MARIN, 2012)[2] is de jaarlijkse berekening van emissies vanaf 2010 aangepast op basis van vernieuwde emissiefactoren en evv's. Beide rapporten zijn digitaal beschikbaar op de website van de EmissieRegistratie.

Originele factsheet:

Hulskotte, J., H. Oonk en B. van Hattum, Factsheet Emissies van Coatings bij Zeescheepvaart en Visserij, Versie 3, 02.2007.

11 Betrouwbaarheid en verbeterpunten

Aan elk onderdeel van de emissieberekening is een betrouwbaarheid toegekend. De volgende betrouwbaarheidspercentages zijn hierbij gehanteerd: 1% 5% 10% 25% 50% 100% 200% en 400%. Een betrouwbaarheid van 1% wil zeggen dat het desbetreffende onderdeel zeer betrouwbaar is; een betrouwbaarheid van 400% betekent een grote onzekerheid in het desbetreffende onderdeel. Alle percentages ertussen geven van laag naar hoog een steeds kleinere betrouwbaarheid en een grotere onzekerheid. Voor elk van de onderdelen is de betrouwbaarheid ingeschat door een groep experts. Hierbij zijn onder andere de volgende punten in overweging genomen:

- Metingen: zijn er metingen beschikbaar? Om hoeveel metingen gaat het? Zijn ze recent realistisch en representatief? Hoe groot is de variatie?

- Als er geen metingen voorhanden zijn: is er veel literatuur of andere informatiebronnen beschikbaar?
- Als de emissie d.m.v. een model wordt verkregen: wat is de schaal van het model en is het model gevalideerd?
- Aannames: moeten er veel aannames gedaan worden en hoe groot zijn die?
- Regionalisatie: geeft de lokator een goed beeld van de ruimtelijke verdeling van de bron? Hoe groot is de variatie van de emissie in de ruimte en kan deze variatie door de lokator wel goed over Nederland verdeeld worden?

Tabel 10: Kwaliteit van gegevens

Onderdeel emissieberekening	Classificatie
Emissieverklarende variabele	100%
Emissiefactoren	100%
Verdeling compartimenten	0%
Emissieroute naar water	0%
Regionalisatie	10%

De betrouwbaarheid van de emissieverklarende variabele is laag omdat toepassing van coatings op nat scheepsoppervlak wat afhankelijk is van totaal gebruik per scheepstype gebaseerd is op onzekere en verouderde gegevens en omdat actuele toepassing van type en percentage coatings per scheepstype vooral gebaseerd is op verouderde literatuurgegevens. De betrouwbaarheid van de emissiefactor is ook onzeker omdat uitloging van coating gebaseerd is op literatuurinformatie en er geen relevante gegevens zijn van daadwerkelijke uitloging van varende en stilstaande schepen van relevante scheepstypes op de Noordzee en in Noordzeehavens.

De regionalisatie is betrouwbaar omdat de schepen vaste routes varen die goed bekend zijn. De verdeling over de compartimenten en de emissieroute naar water zijn zeer betrouwbaar omdat de emissies uit de coatings alleen naar water zijn.

De belangrijkste verbeterpunten zijn (in volgorde van belang):

- Algemene verbetering van de emissiefactoren op basis van een actueel beeld van de ontwikkeling van de toepassing van coatings met en zonder biociden per scheepstype met scheepsgrootte;
- Verbetering van de emissiefactor per type antifouling in combinatie met snelheidsregime;
- Meer actuele gegevens verkrijgen van aanwezigheid van zeeschepen en vissersschepen in NCP-gebieden (relevant voor de EVV).

11 Reacties

Voor vragen naar aanleiding van dit werkdocument of opmerkingen kan contact worden opgenomen Benjamin Ebbers, RWS-WVL, e-mail benjamin.ebbers@rws.nl.

12 Referenties

- [1] Hulskotte, J., H. Oonk en B. van Hattum, Factsheet Emissies van Coatings bij Zeescheepvaart en Visserij, Versie 3, 02.2007 (update factsheets tot en met 2010)
- [2] Marin, Coating emissions of sea shipping for 2010, Netherlands Continental Shelf, Dutch port areas and OSPAR region II, rapport nr. 25334-1-MSCN-rev. 1, april 2012