

**Emissieschattingen Emissies op zoutwater
Emissieregistratie**

**Antifouling zeescheepvaart
en visserij in havens en
Nederlands Continentaal
Plat**

Versie mei 2025

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT – WVL
Uitgevoerd door DELTARES en TNO

Antifouling zeescheepvaart en visserij in havens en Nederlands Continentaal Plat

1 Omschrijving emissiebron

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 coatings hebben tot doel de aangroei van organismen tegen te gaan en worden ook wel antifouling genoemd. Voor dat doel logen de meeste coatings continu bestrijdingsmiddelen uit.

Het gaat om de emissies van tributyltin (TBT), koper (Cu) en zogenoemde co-biociden (vaak ook boosters genoemd). Deze co-biociden zijn componenten die de aangroeiwerende werking van de coating versterken. In deze factsheet worden de emissies uit antifouling coatings van zeescheepvaart en visserij weergegeven van de volgende stoffen: Koper, Tributyltinverbindingen, Dichlofluoride, cybutrine (Irgarol), Tolyfluoride, Koperthiocynaat, Seanine-211 (4,5-dichloor-2-octyl-2H-isothiazol-3-on), Zineb en Zinkpyrithion.

2 Toelichting berekeningswijze

Emissies worden berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV) met een emissiefactor (EF). De emissies worden uitgedrukt in kilogram per jaar.

$$\text{Emissie} = \text{EVV} * \text{EF}$$

De EVV is de hoeveelheid nat scheepsoppervlak ofwel 'Wet Surface Area' (WSA) in de Nederlandse wateren dat gemiddeld aanwezig is per jaar (m^2/jaar).

De EF is de hoeveelheid actieve stof die in het water terecht komt, uitgedrukt in kilogram per vierkante meter nat scheepsoppervlak per jaar (kg/m^2)

3 Emissieverklarende variabele (EVV)

De emissieverklarende 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 [1,2].

Vanaf 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. Hierin wordt onderscheid gemaakt in het Nederlands Continentaal Plat (NCP) en havens. Voor 2005 werd er gebruik van bekende scheepsdimensies uit het Lloyds-scheepsregister. Hiermee is voor ieder schip dat rondvaart op het Nederlands deel van het continentaal plat het maximaal nat scheepsoppervlak bepaald. Deze gegevens zijn door MARIN vervolgens toegepast op de verkeersdatabase nadat eerst gemiddeld was over de SAMSON-scheepstypen en SAMSON-scheepsgroottesklassen. Omdat deze gegevens niet goed aansluiten bij de meer accurate AIS data, is er een correctie toegepast. De EVV waarde zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Emissieverklarende variabele (EVV) van zeeschepen en vissersschepen.

Jaar	Zeeschepen NCP	Visserisschepen NCP	Zeeschepen varend van/naar/in havens	Zeeschepen stilliggend in havens	Visserisschepen stilliggend in havens	Methode
	WSA (m^2)	WSA (m^2)	WSA (m^2)	WSA (m^2)	WSA (m^2)	
1990	1.111.874	32.221	228.749	916.613	72.944	Correctie
1995	1.066.741	28.389	219.464	879.406	64.269	Correctie
2000	1.019.065	27.531	209.655	840.102	62.328	Correctie
2005	1.045.748	22.237	215.145	862.100	50.342	Correctie
2010	1.263.149	3.147	174.284	882.052	6.229	AIS
2015	1.364.479	19.359	170.021	1.045.032	37.969	AIS

2019	1.610.176	13.953	199.689	1.202.888	32.772	AIS
2020	1.683.638	18.665	186.255	1.290.251	42.241	AIS
2021	1.861.733	19.795	177.462	1.132.979	40.681	AIS
2022	2.077.392	14.541	188.477	1.225.196	44.508	AIS

4 Emissiefactoren (EF)

De huidige (vanaf 2018) gebruikte emissiefactoren van zeeschepen worden hieronder benoemd. De oude gebruikte emissiefactoren (tot en met 2015) zijn weergegeven in de bijlage.

In de berekeningen van de emissies per jaar worden voor de Emissiefactoren alle op dit moment toegestane antifouling middelen bij het CTGB [3] meegenomen. De actieve stoffen en het gehalte van het product wat uit de actieve stof bestaat vormen de basis voor de EF. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de dichtheid van het middel en de toepassingsmethode.

Een voorbeeld van een middel is Seatender 10. Dit middel bestaat 45% uit dikoperoxide. Hiervan is dan weer 89% koper (op basis van de molecuulmassa). Er wordt voorgeschreven om 1 laag aan te brengen met een dikte van 0,25 L/m² om zo tot de aanbrengfactor van 0,19 kg koper per m² te komen voor Seatender 10. In de huidige berekening worden alle uiteindelijke aanbrengfactoren van de momenteel beschikbare antifoulingmiddelen per stof (bijv. koper) worden gemiddeld. De aanname hierbij is dat dat alle antifoulingmiddelen in gelijke aantallen gebruikt worden. Als laatste stap wordt er vanuit gegaan dat er elke 3 jaar een nieuwe laag wordt aangebracht, waardoor er dus een emissiefactor ontstaan van kg stof per vierkante meter per jaar.

5 Maatregelen en effecten

TBT-houdende antifouling coatings

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.

Koperhoudende antifouling coatings en co-biociden

Al ruim voor het bekend worden van het verbod op TBT-houdende coating is de verfproducerende sector aan de slag gegaan met de ontwikkeling van alternatieven. De meeste alternatieven zijn gebaseerd op voornamelijk Cu₂O (dikoperoxide), maar soms ook koperpyrithion of koperthiocyanaat, als actieve component. Bij deze coatings worden dan nog vaak met co-biociden als, Cybutrine (Irgarol), Zinkpyrithion, Dichlofluamide, Zineb en Seanine toegevoegd.

Europese Commissie heeft in 2016 besloten dat cybutrine (Irgarol) niet meer toegelaten wordt in biociden van productsoort 21 (aangroeiwerende middelen) [4]. Vanaf 2019 wordt er uitgegaan dat er geen Cybutrine (irgarol) meer wordt geëmitteerd door antifouling coatings. Inmiddels is het vanaf 1 januari 2023 ook wereldwijd verboden. De *Marine Environment Protection Committee (MEPC)* heeft een wijziging aangenomen voor het Internationaal Verdrag inzake de Controle van Schadelijke Antifouling Systemen op Schepen (*AFS-verdrag*) [5].

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 Tolyfluamide niet of nauwelijks wordt gebruikt als antifoulingbiocide omdat deze biocide vooral voor toepassingen voor de landbouw op de markt is gebracht, in tegenstelling tot Diclofluamide die wel

specifiek als antifoulingbiocide wordt ingezet in verven. Dichlofluanide is in Europa nog steeds toegestaan als antifouling (EU Regulation 2017/796), maar in Nederland niet meer aanwezig in geregistreerde antifouling producten bij het CTGB [3].

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 scheepshuid. Tijdens het varen op snelheid spoelt de biofouling van de scheepshuid 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. Het aandeel van de schepen dat deze coatings gebruiken ten op zichte van het totale WSA moet nog onderzocht worden en is verder niet opgenomen in de huidige berekeningen.

6 Emissies

De emissies zijn te vinden op de officiële website van de EmissieRegistratie ([Alle emissiegegevens op één plek | Emissieregistratie](#)). De emissiebronnen van deze factsheet vallen onder verkeer en vervoer en dan zeescheepvaart en zijn: Zeeschepen NCP coatings, Vissersschepen NCP coatings, Zeeschepen stilliggend in havens coatings, Zeeschepen varende van/naar/in havens coatings en Vissersschepen stilliggend in havens coatings.

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
- Vissersschepen
- Werkschepen

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-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. 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

In de rekenmethode voor de jaarlijkse emissies in deze factsheet is rekening gehouden met verschillende rekenmethodes. De gekozen rekenmethodes voor deze periodes zijn afhankelijk van destijds beschikbare informatie.

De rekenmethode voor de jaarlijkse emissies tot 2010 is hoofdzakelijk gebaseerd op de ontwikkelde emissieschattingmethode beschreven in het achtergrondrapport van TNO uit 2008, te weten 'Coatings zeescheepvaart en visserij' [1].

Vanaf 2010 is de rekenmethode voor de jaarlijkse emissies gebaseerd op het MARIN-rapport 'Coatings emissions of sea ships' uit 2012 [2] en 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 met emissieregistratie@deltares.nl.

12 Referenties

- [1] Hulskotte, J., Oonk, H. & van Hattum, B., 2007. *Factsheet Emissies van Coatings bij Zeescheepvaart en Visserij, Versie 3, 02.2007*, sl: sn
- [2] Marin, 2012. *Coating emissions of sea shipping for 2010, Netherlands Continental Shelf, Dutch port areas and OSPAR region II*, sl: sn
- [3] Ctgb. (z.j.). *Het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden*. Geraadpleegd op 4 juni 2024, van <https://www.ctgb.nl/>
- [4] [Uitvoeringsbesluit \(EU\) 2016/107 van 27 januari 2016](#). Publicatieblad L21 van 28 januari 2016 blz. 81. [Gearchiveerd](#) op 19 juni 2023.
- [5] International Maritime Organization. (z.j.). *Anti-fouling*. Geraadpleegd op 4 juni 2024, van <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Anti-fouling.aspx>

13 Bijlage

Bij de oude emissiefactoren is er onderscheid gemaakt in de periode 1990 t/m 2009 en de periode van 2010 t/m 2015.

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 B1 Emissiefactoren coatings zeeschepen en vissersschepen t/m 2009 [1]

Soort coating/component	type schepen	toepassing percentage 1990 t/m 2009	uitloogsnelheid 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 B2 Emissiefactoren coatings zeeschepen en vissersschepen vanaf 2010 [2]

Soort coating/component	type schepen	toepassing percentage Vanaf 2010	uitloogsnelheid 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