

Factsheet Emissies van Anodes bij Zeescheepvaart en Visserij

Versie 3, 06.2007

juni 2007

Auteurs:

J. Hulskotte, H. Oonk

TNO-Bouw en Ondergrond

Inhoudsopgave

1	Inleiding en scope	1-1
2	Emissiebron	2-1
2.1	Oorzaken	2-1
2.1.1	Passieve bescherming middels opofferingsanodes	2-1
2.1.2	Actieve bescherming middels Impressed Current	2-3
2.1.3	Ballasttanks	2-4
2.2	Maatregelen	2-5
3	Berekeningswijze	3-1
3.1	Buitenkant schip	3-1
3.2	Nat scheepsoppervlak	3-2
3.2.1	Berekening oppervlakten op basis van volume	3-3
3.2.2	Correctie voor onvolledige diepgang	3-5
3.3	Corrosiesnelheid	3-5
3.3.1	Emissies varend	3-8
3.4	Binnenkant schip	3-8
4	Emissieverklarende variabele	4-1
4.1	Bepaling met behulp van statistische gegevens	4-1
4.2	Binnenkant schip	4-3
4.3	Tijdreeks 1990 tot heden	4-3
4.4	Tijdreeks vanaf heden tot 2027	4-4
4.5	Jaarlijkse bepaling	4-5
5	Aard van de emissiebron	5-1
6	Emissiefactoren	6-1
6.1	Emissiefactoren	6-1
6.2	Toepassingspercentages	6-2
6.3	Tijdreeks van 1990 tot heden	6-2
6.4	Jaarlijkse bepaling	6-2
7	Emissies	7-1
7.1	Emissiecijfers 2004	7-1
7.2	Emissie van 1990-2005	7-1
7.3	Prognose van emissies van 2009-2027	7-3
7.4	Vershil in methode	7-4
7.5	Vershil in cijfers	7-4
8	Kwaliteit van de gegevens	8-1
9	Verbeterpunten methodiek	9-1
9.1	Zwakke punten	9-1
9.2	Belangrijkste verbeterpunten	9-1

10	Regionale opsplitsing	10-1
10.1	Zeeschepen en vissersschepen op NCP	10-1
10.2	Zeeschepen op Nederlands grondgebied	10-3
10.3	Vissersschepen in havens	10-4
11	Referenties	11-1

1 Inleiding en scope

De bron van de emissies is het anodemateriaal dat is aangebracht op de buitenkant en binnenkant (in de ballasttanks) van zeeschepen en vissersschepen.

De emissie wordt binnen de emissieregistratie toegekend aan de doelgroep Verkeer en vervoer. Het gaat om de emissies van zink, aluminium en cadmium. Cadmium is als verontreiniging in het zink aanwezig en komt bij het oplossen van dit anodemateriaal vrij.

Dit rapport is gebaseerd op een eerdere kwantificering van emissies van anodes bij zeescheepvaart en visserij voor het Nederlands deel van het Continentaal Plat (NCP) en in havens, uitgevoerd in het kader van de Emissieregistratie en Monitoring Scheepvaart (EMS) van de Adviesdienst AVV. De kwantificering in dit rapport kan worden gezien als een update van twee EMS-protocollen:

- EMS-protocol Emissies door Zeescheepvaart en Visserij: Anodes op schepen op het NCP (Kuiper, 2003a);
- EMS-protocol Emissies door Zeescheepvaart en Visserij: Anodes op schepen in havens (Kuiper, 2003b);

De kwantificering van emissies voor NCP en havens is hier in één rapport geïntegreerd. De methode van kwantificering verschilt echter wel, met als gevolg dat dit onderscheid nog veelvuldig in dit rapport gemaakt zal worden.

In deze kwantificering zijn enkele aanbevelingen voor verbetering van emissieschatting uit bovengenoemde protocollen doorgevoerd. Daarnaast zijn enkele nieuwe inzichten verwerkt. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de protocollen zijn:

- De berekening van het nat scheepsoppervlak (WSA) is verbeterd, waarbij voor ieder afzonderlijk schip in de Nederlandse wateren een WSA is berekend. Hierbij wordt rekening gehouden met gedeeltelijke belading van de schepen;
- Voor het NCP is een verkeersdatabase aangemaakt, op basis van het Lloyds verkeersbestand. Op basis hiervan en het WSA per schip is het totaal WSA berekend dat gemiddeld aanwezig is in de Nederlandse wateren;
- Emissies van beunkoeling¹ blijken een veel minder grote rol te spelen als in de protocollen wordt beschreven. Beunkoeling is

¹ Koelsysteem voor scheepsmotoren, waarbij wordt gekoeld door middel van een in de romp gelaste stalen doos die in open verbinding staat met het water met daarin een bundel van dunne corrosievrije pijpjes. Bij sommige uitvoeringen is de "bun" of "beun" een omgekeerde doos op de bodem van het schip, met een opening in de bodem. In de bun bevindt zich een warmtewisselaar bestaande uit een pakket van veel dunne buizen die rondom in aanraking komen met het buitenwater.

een koelsysteem dat vooral wordt toegepast in de binnenvaart mogelijk enkele kleinere schepen op zee. De grotere zeevarende schepen hebben pijpen- of platenkoelers. Emissies van beunkoeling worden daarom in dit rapport niet meer afzonderlijk gerapporteerd.

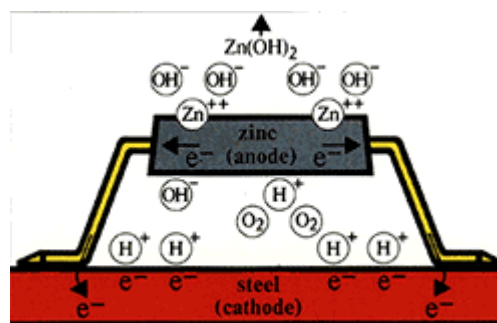
- Naast een historische ontwikkeling van emissies wordt een prognose gegeven van emissies tot 2027.
- De emissies zijn geregionaliseerd per waterlichaam dat wordt onderscheiden in de Kaderrichtlijn water(KRW). Deze gegevens zijn als losse database opgeleverd.

2 Emissiebron

2.1 Oorzaken

Om corrosie te voorkomen worden schepen gecoat. Deze beschermende laag is echter niet genoeg om het schip volledig te behoeden voor corrosie. Om ook de onbeschermden delen van een schip (schroef, beschadigingen, etc.) te beschermen én er voor te zorgen dat het schip ook bij een slechter wordende coating beschermd blijft, wordt gebruik gemaakt van kathodische bescherming.

figuur 1 Werking anode



Als twee metalen elektrisch zijn verbonden in een elektrolyt (bijvoorbeeld zeewater), zullen de elektronen van een onedel metaal naar een ander meer edel metaal vloeien. Dit komt door het verschil in elektrisch potentiaal. Het meest edele metaal wordt de kathode genoemd en het

andere de anode. Als de anode elektronen levert aan de kathode, zal deze geleidelijk oplossen in ionen. Het resultaat is dat de kathode negatief gepolariseerd wordt en daardoor beschermd wordt tegen corrosie. Zie figuur 1. Kathodische bescherming is op te delen in passieve en actieve kathodische bescherming. In de onderstaande subparagrafen wordt dit verder toegelicht.

2.1.1 Passieve bescherming middels opofferingsanodes

Om het schip passief kathodisch te beschermen wordt gebruik gemaakt van opofferingsanodes. Deze opofferingsanodes moeten zoals eerder gezegd van een metaal zijn dat onedeler is dan het metaal dat beschermd moet worden. De twee metalen die in de zeescheepvaart als anode worden toegepast zijn zink en aluminium. In tabel 1 staan de verschillende metalen op volgorde van edelheid weergegeven. De effectiviteit van het anodemateriaal in zeewater wordt bepaald door de samenstelling van de legering.

De anodes lossen in het zeewater op waardoor de noodzaak bestaat om de blokken periodiek te vervangen. Gemiddeld worden de blokken daarom na 2 tot 2,5 jaar vervangen, gemiddeld is er dan ca. 15% van het oorspronkelijke gewicht over. Bij vissersschepen liggen de verhoudingen anders. Het vissersschip gaat elk jaar in dok waardoor de blokken ook elk jaar worden vervangen. Gemiddeld is er dan ca. 30% van het oorspronkelijke gewicht over.

tabel 1

Metalen op volgorde van edelheid

**Mate van edelheid van
verschillende metalen**

Metaal	Symbool
Kalium	K
Natrium	Na
Calcium	Ca
Magnesium	Mg
Aluminium	Al
Zink	Zn
IJzer	Fe
Chroom	Cr
Nikkel	Ni
Tin	Sn
Lood	Pb
Koper	Cu
Kwik	Hg
Zilver	Ag
Platium	Pt
Goud	Au



Zinkanode

Zink is het meest gebruikte materiaal voor kathodische bescherming van zeeschepen. De elektrische capaciteit (ook wel aangegeven met het symbool ϵ , zie hoofdstuk 4.1) van een zinkanode in zeewater is 780 Ah/kg (Ampère per uur per kilogram zinkanode). Dit heeft betrekking op de hoeveelheid valentie-elektronen die er per uur verplaatst kunnen worden van het zink naar het onedeler metaal. Als bekend is hoeveel valentie-elektronen het te beschermen metaal afstaat onder invloed van het zeewater, kan uitgerekend worden hoe snel de zinkanode oplost. Bij het plaatsten van de zinkanodes wordt de levensduur van zinkanodes meestal berekend voor een levensduur tussen de 1 en 3 jaar.

Aluminiumanode

Aluminium is een anodemateriaal dat steeds vaker gebruikt wordt. De elektrische capaciteit van een aluminiumanode in zeewater is 2.600 Ah/kg. Aluminiumanodes leveren een betere prestatie dan de zinkanodes (2.600 valentie-elektronen per uur per kilogram tegen 780 voor het zink). Er hoeven er dan ook minder geplaatst te worden om hetzelfde effect te bereiken. Het aluminium is als materiaal weliswaar duurder dan het zink, de kosten van het gebruik van aluminiumanodes zijn wel lager doordat er 3,33 maal minder materiaal geplaatst hoeft te worden. Een ander belangrijk milieuhygiënisch voordeel is dat er in de gebruikte aluminiumlegeringen geen cadmium zit, in tegenstelling tot de gebruikte (en via standaardisatie voorgeschreven) zinklegeringen (zie hoofdstuk 3.2).

2.1.2 Actieve bescherming middels Impressed Current

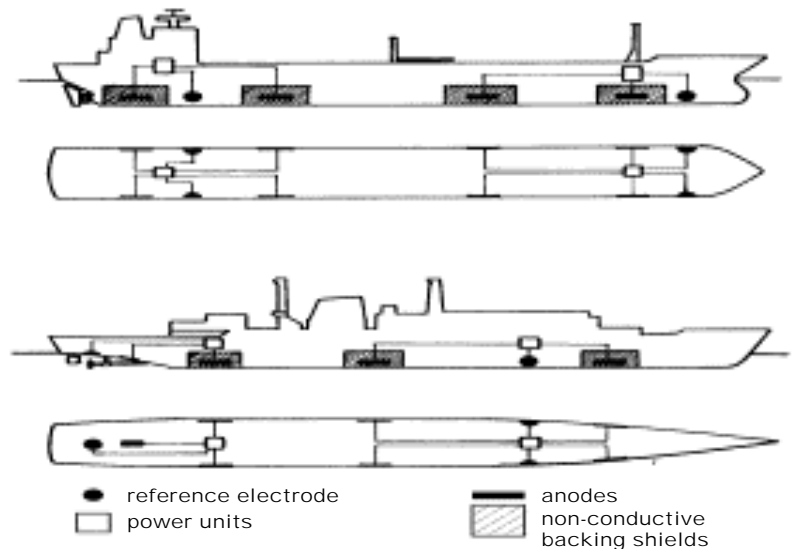
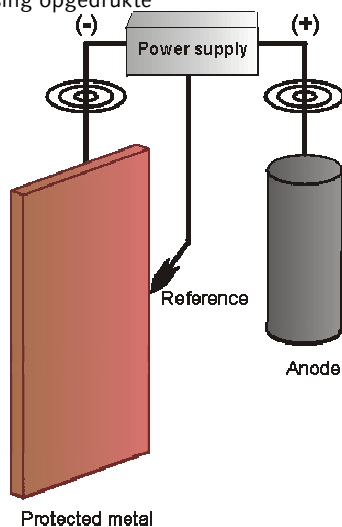
Naast de passieve bescherming wordt steeds vaker gebruik gemaakt van actieve kathodische bescherming. Het opgedrukt stroomsysteem - ook wel Impressed Current (IC) genoemd - verschuift potentialen, waardoor het metaal wordt beschermd.

Een opgedrukt stroomsysteem maakt gebruik van een transformator, een regelbare gelijkrichter als stroombron en zogenaamde niet-slijtende anodes. De regelbare gelijkrichter kan zodanig worden ingesteld dat de verbonden anode(n) precies die beschermstroom leveren die voor de gewenste beschermingspotentialaal zorgt. Zie figuur 2.

In principe kan het IC-systeem de gehele buitenkant van het schip beschermen. Toch worden nog vaak in een combinatie met het IC-systeem passieve anodes geplaatst. De onderdelen van een schip die uitgerust worden met passieve anodes zijn: de boegschroeftunnel; de schroef en het roer. Bij deze onderdelen van een schip is de afbreekfactor van de coating hoger, is er sprake van blank metaal (schroef) en is de snelheid van het langslopende water hoger dan bij andere delen van de romp, extra protectie is daarom gewenst. In ballast tanks worden geen IC-systemen gebruikt; dit wegens de vorming van waterstofgas (H_2) wat explosiegevaar oplevert, zeker in combinatie met het elektrische systeem.

figuur 2

Werking en plaatsing opgedrukte stroom-systeem



Aangezien er bij IC geen metaalionen in het water komen is dit de meest milieuvriendelijke kathodische protectiemethode. Met het systeem kan ook on-line de staat van de coating gemeten worden. Ook de aangroei van organismen blijft beperkt, wat tot een lager brandstofgebruik leidt.

2.1.3 Ballasttanks

De bescherming van de ballast tank van een schip is complexer dan de bescherming van de romp. Daar ligt een aantal redenen aan ten grondslag:

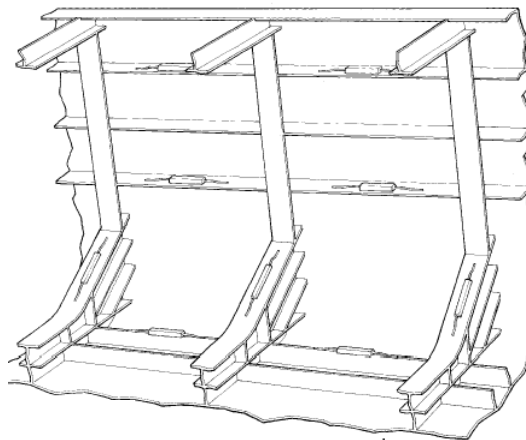
- De ballasttank kan een tank zijn enkel bedoeld voor ballastwater, in veel gevallen is echter ook sprake van het gebruik van vrachtruimte als ballasttank; hierdoor kunnen de anodes vervuild raken en niet goed meer werken;
- De ballasttank is niet altijd in ballast;
- De ballasttank is moeilijk bereikbaar en dus slecht controleerbaar;
- De vorm en structuur van een ballasttank (veel dwarsbalken, gaten, etc.) vereisen meer anodemateriaal om ook minder (voor de kathodische bescherming) bereikbare plekken te beschermen;

.....
figuur 3

Plaatsing opofferingsanodes in ballasttanks



In de ballasttank wordt voornamelijk aluminium gebruikt. Dit heeft waarschijnlijk met de langere levensduur bij hetzelfde gewicht te maken. De anodes in de ballast tank zijn zoals eerder gezegd moeilijk te vervangen. Zie figuur 3 voor de plaatsing van anodes in de ballast-tanks.



Voor de ballasttank van een schip dat een explosieve lading heeft (olie, gas, etc.), zijn speciale eisen aan de plaatsing en gebruik van het soort anodemateriaal:

- Het gebruik van aluminium is niet toegestaan in ballast tanks waar brandbare lading in wordt vervoerd. Als de anode loskomt en valt kan er vonkvorming plaats vinden;
- Het gebruik van IC-systemen is ook niet mogelijk vanwege brandgevaar door vorming van waterstofgas (H_2) in combinatie met het elektrische systeem.

Voor de hoger geplaatste anodes in de ballasttank wordt in bepaalde gevallen dus zink gebruikt (een combinatie met aluminium is dus mogelijk).

De gemiddelde levensduur van de anodes in ballasttanks wordt berekend op 4 tot 6 jaar.

2.2 Maatregelen

Het overheidsbeleid is er op gericht de concentraties toxische stoffen te verlagen tot de streefwaarde. Daartoe moeten voor veel stoffen de emissies worden verlaagd. Tussen 1985 en 1995 moest de belasting van oppervlaktewater met koper 50% worden teruggebracht; die van cadmium met 70% (Noordzee actieplan). Deze doelen zijn ruimschoots gehaald. Voor cadmium, een prioritaire stof, is het streven naar minimalisering van de lozing. Zink, koper en cadmium zijn van belang voor de zoete oppervlaktewateren, vooral in verband met de verontreiniging van de waterbodem.

Hoewel cadmiumgehalten in zink de laatste jaren verlaagd zijn (0,001 – 0,005 %), geldt dit niet voor anodemateriaal. Hiervoor worden hogere gehalten gehanteerd (NEN, 1996; DNV, 1993; US-Military specification, 1987). Reden hiervoor is dat er kwaliteitseisen gesteld worden aan het anodemateriaal die verband houden met de samenstelling van de legering. Het gaat er daarbij om dat de anodes gelijkmatig corroderen. Cadmiumgehalten moeten daarom liggen tussen 0,025 – 0,07 %. Hogere gehalten kunnen voorkomen, indien het om minder consciëntieuze leveranciers gaat, maar cijfers ontbreken.

In OSPAR verband is in 1996 een rapport opgesteld (OSPAR, 1992) over de emissie van zink en cadmium uit anodes. Aanbevolen wordt daarin om de emissie te monitoren. Mocht er een toename in zinkgebruik worden geconstateerd, dan dienen met het oog op deze cadmium emissie aanvullende maatregelen in overweging te worden genomen.

De visserijbranche heeft op grote schaal gekozen voor de vervanging van anodes door IC-systemen. Belangrijk motief daarbij is dat anodes op de scheepshuid de vaarweerstand verhogen, resulterend in lagere vaarsnelheden en een hoger brandstofverbruik. Sinds 2000 is de aanschaf van IC-systemen in de visserij opgenomen in de VAMIL² regeling (een milieuregeling van VROM).

² Vamil staat voor willekeurige afschrijving milieu-investering. De VAMIL is door het Ministerie van VROM opgesteld.

3 Berekeningswijze

In de paragraaf methode wordt in algemene zin ingegaan op de gevolgde rekensystematiek. In de hoofdstukken 5, 6 en 7 wordt ingegaan op de emissieverklarende variabelen, de emissiefactoren en de emissies.

3.1 Buitenkant schip

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de berekeningswijze die is toegepast om tot de emissieschatting te komen. Emissies worden uiteindelijk berekend als het product van een emissieverklarende variabele en een emissiefactor.

$$\text{emissie} = \text{emissieverklarende variabele} * \text{emissiefactor}$$

De emissie wordt uitgedrukt in ton per jaar.

De emissieverklarende variabele is het nat scheepsoppervlak (WSA) in de Nederlandse wateren (in m³) dat gemiddeld op een willekeurig moment aanwezig is. Het totaal scheepsoppervlak is het product van het totaal aantal schepen dat zich op het NCP bevindt en het nat oppervlak van een zeeschip, rekening houdend met type en tonnage. Voor het aantal op het NCP varende zeeschepen en voor het berekenen van het onderwateroppervlak is gebruik gemaakt van de verkeersdatabase van het risicomodel SAMSON (Glansdorp, van der Tak, 1993). De basisgegevens voor deze database zijn afkomstig van Lloyds voor het jaar 2000. Voor andere jaren is een vergelijking gemaakt met CBS cijfers van scheepsbezoeken aan Nederlandse havens.

In de berekeningen wordt de emissieverklarende variabele voor verschillende jaren geschat door rekening te houden met de trend in het natte scheepsoppervlak en de toepassingspercentages van de verschillende technologieën van kathodische bescherming.

$$EVV_{x,c} = EVV_y \times TOEP_{x,c} \times TREND_{xy}$$

Waarbij:

$EVV_{x,c}$ = emissieverklarende variabele van technologie (t) in jaar (x)

EVV_y = totaal van emissieverklarende variabele in basisjaar (y)

$TOEP_{x,c}$ = toepassingspercentage van technologie (t) in jaar (x)

$TREND_{xy}$ = trendfactor van EVV in jaar x ten opzicht van basisjaar (y)

De emissiefactor is de uitloogsnelheid van aluminium en zink, hier uitgedrukt in $\mu\text{g cm}^{-2} \text{dag}^{-1}$. Deze uitloogsnelheden die worden gebruikt in de berekeningen zijn overgenomen uit het rapport Uitloging anodemateriaal van zeeschepen dat in opdracht van RIZA door BECO in 2003 is opgesteld (Willems, 2003, zie hoofdstuk 4.4).

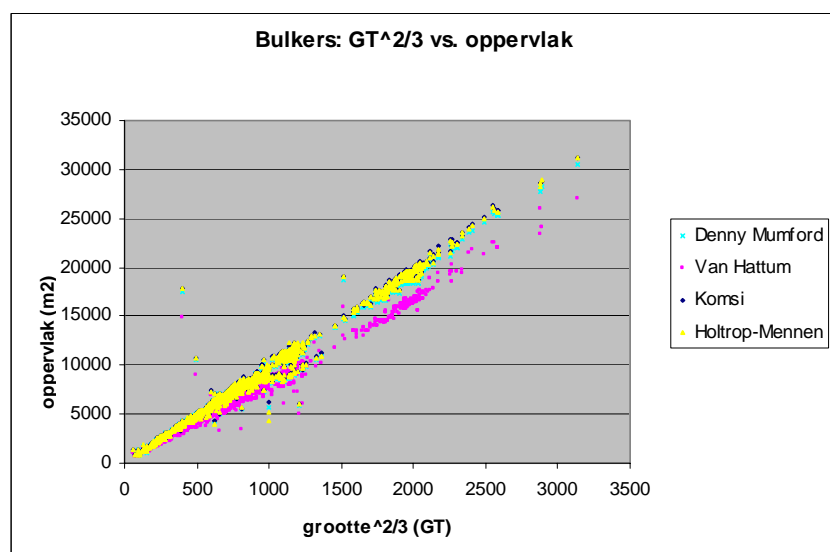
3.2 Nat scheepsoppervlak

Wanneer de dimensies van het schip bekend zijn, dan kan het nat scheepsoppervlak worden berekend. Voor deze berekeningen zijn een aantal methoden beschikbaar;

- De formule van Denny-Mumford (Man-Diesel, 2002; Kuiper, 2003ab) werd eind 19^e eeuw afgeleid door Mumford aan de hand van testen met scheepsmodellen in Denny's experimentele (1750 m³ grote) waterbassin in Schotland. Het nat scheepsoppervlak binnen Denny-Mumford wordt berekend uit de lengte, de diepgang en een blokcoëfficiënt (de verhouding van het werkelijke volume van de romp en het product van lengte x breedte x diepgang);
- De Komsj-vergelijking (Koivisto, 2003; OECD, 2005] is gebaseerd op metingen aan schepen in Finland;
- De formule van Holtrop-Mennen (Holtrop, 1977) is de meest recente methode om het nat scheepsoppervlak vast te stellen. Deze formule is gebaseerd op eenzelfde soort metingen als Denny-Mumford, aangevuld met hydrologische theorie. De coëfficiënten in Holtrop-Mennen zijn verkregen door regressieanalyse van model-tests bij MARIN;
- De relatie van van Hattum et al. (2002) is meer een eerste orde benadering van het natte scheepsoppervlak, gebaseerd op een eenvoudig scheepsmodel.

In deze studie zijn de methoden met elkaar vergeleken voor de groep van Bulkcarriers in het Lloyds-register. Het resultaat van de vergelijking staat beschreven in onderstaande figuur, waarin oppervlak de scheepsgrootte wordt uitgedrukt in GT tot de macht 2/3^e.

Figuur 4
Vergelijking van resultaten van diverse methoden om nat scheepsoppervlak vast te stellen voor de groep van bulkcarriers



Tabel 2 Vergelijking van resultaten van diverse methoden om nat scheepsoppervlak vast te stellen.

	Gemiddeld oppervlak	% van Holtrop Mennen
Denny-Mumford	9072	98%
Van Hallum	7735	84%
Komsi	9250	100%
Holtrop-Mennen	9223	100%

Voor bulkcarriers lijken de resultaten voor Denny-Mumford, Holtrop-Mennen en Komsi erg op elkaar. Het model van van Hattum wijkt af. Omdat Holtrop-Mennen het best onderbouwd lijkt, het meest recent en goed in overeenstemming met Komsi en Denny-Mumford, wordt toepassing van dit model voorgesteld.

Holtrop-Mennen berekent het nat scheepsoppervlak als volgt:

$$WSA = L(2D+W) \times \sqrt{C_M} \times (0,530+0,632C_B-0,360(C_M-0,5)-0,00135L/D)$$

Waarin:

WSA_{max} : nat scheepsoppervlak bij ontwerpdiepgang

D : is ontwerpdiepgang van het schip

L : is lengte van het schip, gemeten tussen loodlijnen

W : grootste breedte van het schip

C_M : de oppervlakscoëfficiënt van de grootste ribbe: het dwarsoppervlak gemeten bij de grootste ribbe van het schip gedeeld door het oppervlak gedefinieerd door B x D bij de grootste ribbe

C_B : de blokcoëfficiënt van het schip: de inhoud van het schip gedeeld door het blok gedefinieerd door L x B x D

Waarden voor C_M en C_B worden voor de verschillende scheepstypen weergegeven in tabel 3 (Man-Diesel, 2002).

Tabel 3 Coëfficiënten voor in de Holtrop-Mennen formule

Scheepstype	C_B	C_M
Lichter	0,9	0,98
Bulk carrier	0,85	0,98
Tanker	0,85	0,98
Algemene lading	0,75	0,95
Containerschip	0,7	0,95
Veerboot	0,7	0,95

3.2.1 Berekening oppervlakten op basis van volume

De scheepsmaat die momenteel standaard wordt gehanteerd is het zogenaamde grosstonnage (GT³).

³ Scheepsgrootte wordt vaak uitgedrukt in 'gross tonnage' (GT). Dit bruto tonnage wordt berekend als $K * V$, waarbij V het buitenvolume van het schip is en K een correctiefactor, berekend als $0.2 + 0.02^{10} \log V$.

Als een schip twee keer zo lang wordt, wordt hij meestal ook ongeveer twee keer zo breed en diep. Het verband tussen inhoud en de scheepslengte is dus een derde macht. Het verband tussen oppervlakten en lengte is een tweede macht. Gevolg van dit alles is dat ook een verband mag worden verwacht tussen oppervlakte en scheepsvolume tot de macht 2/3:

$$WSA_{\max} \sim \text{Volume}^{2/3}$$

Waarin WSA_{\max} het nat oppervlak is bij ontwerpdiepgang.

Bij verdere uitwerking blijkt dit voor de meeste scheepscategorieën ook op te gaan over een zeer groot domein van scheepsgroottes. Het nat oppervlak kan dus worden uitgedrukt als functie van scheepsgrootte in GT:

$$WSA_{\max} = C \text{ GT}^{2/3}$$

De waarde van de constante C verschilt echter wel van vaartuigtype tot vaartuigtype. Tabel 2 geeft een overzicht van de resultaten.

Tabel 4
berekening van natte
scheepsoppervlakten bij volledige
belading voor de verschillende
scheepstypen

typenr	Scheepstypen (Samson description 2006)	oppervlak
1	Tankers (enkel- en dubbelwandig)	$WSA_{\max} = 9,62$ $GT^{2/3}$
2	Chemicalientankers (enkel- en dubbelwandig)	$WSA_{\max} = 9,35$ $GT^{2/3}$
	LPG-tankers	
2a	LNG-tankers	$WSA_{\max} = 7,47$ $GT^{2/3}$
3	Bulkcarriers	$WSA_{\max} = 9,70$ $GT^{2/3}$
4	Containerschepen	$WSA_{\max} = 8,57$ $GT^{2/3}$
5	General dry cargo	$WSA_{\max} = 8,76$ $GT^{2/3}$
6	Passagiersschepen en veerboten	$WSA_{\max} = 5,20$ $GT^{2/3}$
6a	Unitised Ro/ro	$WSA_{\max} = 6,60$ $GT^{2/3}$
7	Reefers	$WSA_{\max} = 10,2$ $GT^{2/3}$
8, 9, 0	Divers; bevoorradingsschepen; niet-handelsschepen	$WSA_{\max} = 8,40$ $GT^{2/3}$
	Vissereschepen	$WSA_{\max} = 8,63$ $GT^{2/3}$

3.2.2 Correctie voor onvolledige diepgang

Bovenstaande natte oppervlakten zijn natte oppervlakten bij volledige belading, waardoor ook de ontwerpdiepgang wordt gerealiseerd. In geval van onvolledige diepgang kan het werkelijk nat oppervlak worden berekend uit het werkelijk nat en het percentage diepgang (%T)⁴:

.....
Formule 2

Correctie voor onvolledige diepgang

$$WSA = WSA_{\max} (2 * \%T + 2,6)/4,6$$

Schattingen van relatieve diepgang voor de verschillende scheepstypen bij aankomst en vertrek zijn verkregen van MARIN (van der Tak, 2006).

3.3 Corrosiesnelheid

Bij het ontwerp van het zgn. anodeplan of kathodische beschermingsplan (KB-plan) voor het schip wordt o.a. rekening gehouden met de corrosiegevoeligheid van het type schip en van de afzonderlijke scheepsonderdelen. Rondom de schroef en op het roer worden bijvoorbeeld relatief veel meer anodes aangebracht dan op de rest van het schip (zie figuur 5).

Bij het ontwerp wordt uitgegaan van aanbevolen elektrische stroomdichtheden per m² (i_c) om corrosie tegen te gaan (Norsok, 1997; DNV, 1993; British Standard, 1991). Uit deze stroomdichtheden volgt het aantal te plaatsen anodes. Voor kaal staal geldt in het Noordzeewater dat de elektrische stroomdichtheid ca. 85 mA/m² moet bedragen om corrosie tegen te gaan. Dit geldt bij een temperatuur tussen de 5°C en 20°C (fluctuatie in Noordzee tussen 1990 en 1999, met een gemiddelde van 11,8°C) en een diepte tussen de 0 en 30 meter.

⁴ Afleiding; de gemiddelde verhouding tussen maximale diepgang (T_{max}) en scheepsbreedte (B) is 1:2,6. Het maximaal benat oppervlak kan in eerste aanzet worden geschat als $WSA_{\max} = \text{constante} * (2T_{\max} + B) = \text{constante} * (2T_{\max} + 2,6T_{\max}) = \text{constante} * 4,6T_{\max}$. $T_{\max} = WSA_{\max}/(\text{constante} * 4,6)$

Op eenzelfde manier is het werkelijk nat oppervlak (WSA) gelijk aan $\text{constante} * (2T_{\max} * \%T + B) = \text{constante} * (2T_{\max} * \%T + 2,6T_{\max}) = \text{constante} * T_{\max} (2\%T + 2,6)$.

Combinatie van beide vergelijkingen levert $WSA = WSA_{\max} (2 * \%T + 2,6)/4,6$

.....
Figuur 5
 Anodes op het roer en rondom schroef



De hoeveelheid anodemateriaal dat oplost in het water in bijvoorbeeld een jaar tijd kan worden berekend uit de stroomdichtheid en de elektrische capaciteit van het anodemateriaal met behulp van de formule van Dwight. Deze formule:

.....
Formule 2
 Formule van Dwight voor de berekening van het benodigde aantal anodes op een schip

$$\left(\frac{((A * i_c) / 1000) * t}{\epsilon * u} \right) * a_m = m$$

Waarbij:

Parameter	Eenheid	Uitleg
M	Kg	Hoeveelheid anodemateriaal dat corrodeert in t uren
A	m ²	Nat oppervlakte
i _c	mA/m ²	Benodigde elektrische stroomdichtheid
T	Uren	Verblijftijd in het water in uren
ε	Ah/kg	Elektrische capaciteit anode in zeewater
U	Factor	Utilization factor, voor emissieberekeningen is u=1
a _m	Factor	Fractie die het gebruikte anodemateriaal (zink of aluminium) uitmaakt t.o.v. totaal gebruik aan anodes (totaal aan zink en aluminium anodes)

De elektrische capaciteit van een zinkanode in zeewater is 780 Ah/kg (Ampère-uur per kilogram zinkanode), voor een aluminiumanode is dit 2.600 Ah/kg. De utilization factor wordt gebruikt om een extra marge te introduceren voor het gebruik van anodes. Uitgaande van een bepaalde levensduur, bijvoorbeeld 2 jaar, wordt door een utilization factor van 0,9 een theoretische overcapaciteit van ca 10 % verkregen. Voor emissieberekeningen is de utilization factor 1. De factor a_m geeft de fractie zink of aluminium ten opzichte van het totale anodegebruik in de zeevaart of visserij.

In tabel 5 zijn de benodigde stroomdichtheden per onderdeel en per type schip gegeven (Willems et al., 2003).

Tabel 5
Benodigde elektrische stroomdichtheid per onderdeel van en per type schip

	Benodigde stroomdichtheid (mAmp/m ²)				
	Romp	Schroef	Roer	Straalbus	boegschroef
Bulk Carrier	12	700	150	120	700
VLCC (Very Large Crude oil Carrier)	12	700	150	120	700
Coaster	12	700	250	120	700
Ro/Ro Ferries	12	700	150	120	700
Fishing	18	1000	250	120	700
Supply Vessel	18	1000	250	120	700
Work vessel	40	1400	250	120	700
Ice class vessel	20	1400	250	120	700
Container	12	1400	250	120	700
Reefer	12	700	150	120	700
Destroyer	12	700	150	120	700
Naval vessel	12	700	150	120	700

Met de bovenstaande tabel kan de uitloging van anodemateriaal berekend worden. Omdat de oppervlakte en het aantal schroeven, roeren, straalbuizen en boegschroeven per scheepstype niet bekend is, kan voor de schatting tabel 6 gebruikt worden (Willems et al., 2002). In deze tabel staat de benodigde stroomdichtheid voor de romp inclusief wat nodig is ter bescherming van de schroeven, roeren, straalbuizen en boegschroeven.

Tabel 6
gemiddelde benodigde elektrische stroomdichtheid voor romp, achterschip en boegschroeven per type schip

	Benodigde stroomdichtheid (mAmp/m ²)
Type schip	Romp
OBO carrier	15
Tankers	15
Bulkcarrier	15
Container	15
Ro/Ro	20
General Cargo	20
Reefer	15
Passenger	20
Work vessels	35
Supply	22
Fishing	24

Formule 2 (Dwight formule) geeft in combinatie met de aanbevolen stroomdichtheden de mogelijkheid het aantal anodes te berekenen, maar ook om de corrosiesnelheid te bepalen. Uit de Dwight formule kan de formule voor de corrosiesnelheid in $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{dag}$ direct worden afgeleid. Deze ziet er als volgt uit:

Formule 3
Formule voor het berekenen van de corrosiesnelheid van anodes

$$\left(\frac{i_c * 2400}{\varepsilon} \right) = \text{corrosiesnelheid}$$

3.3.1 Emissies varend

In de emissieschatting is voor wat betreft de corrosiesnelheid onderscheid gemaakt tussen zeeschepen, Roro, passagiers en veerschepen en vissersschepen (stroomdichtheid 25 mA/m²). Zie tabel 7 (EPA, 1996).

Tabel 7
Stroomdichtheden en corrosiesnelheden voor anodes op zeeschepen

Type schip	Stroomdichtheid i_c in mA/m ²	corrosiesnelheid in µg/cm ² /dag	
		Zink	aluminium
Tankers, bulkcarriers, containerschepen	15	46	13,3
Ro/ro, supply, passenger, ferry	20	61,5	17,8
Vissersschepen	25	77	22,2

4.3.2 Emissies in havens

Uit de literatuur blijkt dat de corrosiesnelheid in havens een factor 3 tot 5 lager is dan tijdens de vaart (EPA, 12). Voor de berekening van de corrosiesnelheid in havens is de emissiefactor daarom met een factor 4 verlaagd ten opzichte van die tijdens de vaart. De uitkomsten van deze exercitie staan in tabel 8 (EPA, 1996; Kuiper 2003ab).

Tabel 8
Stroomdichtheden en corrosiesnelheden voor anodes op zeeschepen in de haven

Type schip	Stroomdichtheid i_c in mA/m ²	corrosiesnelheid in µg/cm ² /dag	
		zink	aluminium
Zeeschepen	3,8	11,5	3,3
Vissersschepen	6,3	19,3	5,6

3.4 Binnenkant schip

Voor de ballasttanks wordt dezelfde benadering gebruikt als voor de buitenkant van het schip. Daarvoor is het oppervlakte van het inwendige van de ballasttanks geschat, alsmede de corrosiesnelheid en de blootstellingstijd van het ballastwater. Ballastwater wordt buitengaats gewisseld, o.a. om contaminatie met exotische organismen tegen te gaan. De emissie vindt daarom in hoofdzaak plaats op het NCP.

Uit de SAMSON database is het totaal aantal sloopstonden op het NCP bekend. In tabel 9 is de maximale ballastcapaciteit afgemeten aan het Dead Weight Tonnage (DWT) gegeven (Willems et al., 2003). Er kan hiermee per sloopstypen een maximale ballastcapaciteit worden berekend in m³. Hieruit kan het interne oppervlak van de ballasttanks worden geschat door het volume te vermenigvuldigen met een factor. Deze factor is afhankelijk van de vorm van de ballasttank en varieert

van 1 tot 5. In dit rapport is gerekend met een gemiddelde factor van 2,5.

Tabel 9
Emissie verklarende factor buitenkant van de schepen op elk moment voor het jaar 2000

Type schip	Ballastwater capaciteit in % van het DWT
OBO carriers	30
Tankers > 80.000	30
Tankers < 80.000	20
Chemical tankers	20
LNG/LPG tankers	25 – 30
Bulkcarriers	20
Container	30
RoRo	20 – 25
Reefer	10 - 15
General Cargo	10 – 15
Passengers	10 -15
Work vessels	10 -15
Supply	10 -15
vissersschip	10 -15

De corrosiesnelheid in $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{dag}$ kan worden berekend met behulp van formule 3. Volgens opgave in het rapport van BECO kan voor i_c een gemiddelde stroomdichtheid van $90 \text{ mA}/\text{m}^2$ worden aangehouden (deze varieert van 86 tot $120 \text{ mA}/\text{m}^2$, afhankelijk van het type en de vorm van de ballasttank). De corrosiesnelheid bedraagt dan voor anodes in de ballasttanks:

Tabel 10
Corrosiesnelheid van anodes in ballasttanks

	Stroomdichtheid i_c in mA/m^2	corrosiesnelheid in $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$	
		zink	aluminium
Alle schepen	90	276	79,8

Voor de fractie van de tijd dat er ballastwater in de ballasttank staat, wordt door BECO een factor geschat van 0,35. Een schatting van de lozing op het NCP is als volgt gemaakt. In de praktijk zullen niet alle schepen ballastwater wisselen op het NCP. Aangenomen wordt dat van alle schepen op het NCP maximaal 50% van de schepen naar de Nederlandse havens toe vaart en dat de andere helft uit de Nederlandse havens is vertrokken. Ook zal er een deel Nederland helemaal niet aandoen. Als schatting wordt daarom aangenomen dat maximaal 50% van de schepen hun ballastwater op het NCP wisselt (nl. de schepen die in ballast naar de Nederlandse havens varen om daar lading op te halen).

4 Emissieverklarende variabele

4.1 Bepaling met behulp van statistische gegevens

De methode voor de bepaling van de emissieverklarende variabelen zijn rechtstreeks overgenomen van de vorige versies van dit protocol (Kuiper, 2003). Dat betekent dat de natte oppervlakken zijn geschat met behulp van het aantal schepen volgens het CBS en vermenigvuldigd met een gemiddeld oppervlak per schip. Het natte oppervlak in 2004 is in detail berekend uit de geografische bestanden. Voor de afleiding hiervan wordt verwezen naar hoofdstuk 10. Voor het betreffende basisjaar is de uitkomst hiervan als maatgevend beschouwd. De overige emissies zijn hiermee dus geschaald. Het aantal schepen is opnieuw van het CBS overgenomen. Hier uit bleek dat kleine wijzigingen in de bestanden zijn doorgevoerd sinds 2003.

Tabel 11
Emissieverklarende variable (EVV) van
Zeeschepen en Vissersschepen op
Noordzee

Jaar	NCP Zeeschepen 2004 = 735709			NCP Vissersschepen 2000 = 65551		
	Aantal	EVV(m ²)	Trend	Aantal	EVV(m ²)	Trend
1990	45920	766976	1,04	639	76716	1,17
1993	42168	704308	0,96	598	71794	1,10
1994	43835	732151	1,00	579	69513	1,06
1995	44056	735843	1,00	563	67592	1,03
1996	41212	688341	0,94	573	68793	1,05
1997	41169	687623	0,93	581	69753	1,06
1998	40924	683531	0,93	557	66872	1,02
1999	41908	699966	0,95	543	65191	0,99
2000	42087	702955	0,96	546	65551	1,00
2001	41698	696458	0,95	540	64831	0,99
2002	41456	692416	0,94	528	63390	0,97
2003	42694	713094	0,97	484	58107	0,89
2004	44048	735709	1,00	473	56787	0,87
2005	43189	721362	0,98	441	52945	0,81

Tabel 12

Emissieverklarende variabele van
Zeeschepen en Vissersschepen
van/in/naar havens

Jaar	Havens Zeeschepen				Havens Vissersschepen		
	Aantal	Varend EVV(m ²)	Stilliggend EVV(m ²)	Trend	Aantal	EVV(m ²)	Trend
1990	45920	157792	632284	1,04	639	173677	1,35
1993	42168	144899	580622	0,96	598	162533	1,26
1994	43835	150628	603575	1,00	579	157369	1,22
1995	44056	151387	606618	1,00	563	153021	1,19
1996	41212	141614	567458	0,94	573	155739	1,21
1997	41169	141467	566866	0,93	581	157913	1,23
1998	40924	140625	563493	0,93	557	151390	1,18
1999	41908	144006	577042	0,95	543	147585	1,15
2000	42087	144621	579506	0,96	546	148400	1,15
2001	41698	143284	574150	0,95	540	146769	1,14
2002	41456	142453	570818	0,94	528	143508	1,12
2003	42694	146707	587864	0,97	484	131549	1,02
2004	44048	151360	606508	1,00	473	128559	1,00
2005	43189	148408	594680	0,98	441	119862	0,93

Bovenstaande cijfers zijn opgebouwd uit de totalen van de cijfers voor de Nederlandse zeehavens. Dat 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. De volgende havens zijn meegenomen: Amsterdam, Delfzijl en Eemshaven, Dordrecht, Harlingen, IJmuiden, Klundert, Moerdijk, Rotterdam, Scheveningen, Terneuzen, Vlaardingen, Vlissingen, Zevenbergen en Zaanstad.

De volgende havens zijn meegenomen: Amsterdam, Delfzijl en Eemshaven, Dordrecht, Harlingen, IJmuiden, Klundert, Moerdijk, Rotterdam, Scheveningen, Terneuzen, Vlaardingen, Vlissingen, Zevenbergen en Zaanstad.

4.2 Binnenkant schip

De emissieverklarende factor voor de ballasttanks is het inwendig oppervlak van deze tanks van de schepen gemiddeld elke dag op het NCP aanwezig is. Bij de berekening van dit oppervlak is aangenomen dat 50 % van het aantal schepen ballastwater vervoert en dit ballastwater wisselt op het NCP. De berekening van het natte oppervlak van ballasttanks is rechtstreeks gerelateerd aan het natte oppervlak van de schepen.

Tabel 13
Emissieverklarende variable van zeeschepen en vissersschepen van ballasttanks in 2004

Scheepstype	EVV (m2)	Factor %	WSA ballast (m2)
Ankerligger	150421	10	15042
Bulker	79728	20	15946
Chemical	67290	20	13458
Container	107886	25	26971
General Dry Cargo	131388	10	13139
Gastanker (LPG/LNG)	14763	25	3691
Miscellaneous	7191	10	719
Ore/Bulk/Oil	5574	25	1394
Oil	73725	25	18431
Pass/Ferry	13153	10	1315
Roll-on/Roll-off(Roro)	70749	20	14150
Tug/supply	3416	10	342
Werkvaart	10423	10	1042
Visserij	56787	18	10222
Totaal	792496	17	135861

4.3 Tijdreeks 1990 tot heden

In onderstaande tabel worden de tijdreeksen voor de emissieverklarende variabelen gegeven, te weten het inwendig oppervlak van de ballasttanks.

Tabel 14
Emissieverklarende variabelen van ballasttanks voor de jaren 1990 - 2005

Jaar	Trend	Zeeschepen EVV(m2)	Trend	Vissersschepen EVV(m2)
1990	1,04	128874	1,35	13809
1993	0,96	118344	1,26	12923
1994	1,00	123023	1,22	12512
1995	1,00	123643	1,19	12167
1996	0,94	115661	1,21	12383
1997	0,93	115540	1,23	12556
1998	0,93	114853	1,18	12037
1999	0,95	117614	1,15	11734
2000	0,96	118117	1,15	11799

2001	0,95	117025	1,14	11670
2002	0,94	116346	1,12	11410
2003	0,97	119820	1,02	10459
2004	1,00	123620	1,00	10222
2005	0,98	121210	0,93	9530

De cijfers van 2004 uit bovenstaande tabel zijn bepaald met de geregionaliseerde database. De overige cijfers zijn bepaald met de ontwikkeling in het aantal zeeschepen en het aantal vissersschepen.

4.4 Tijdreeks vanaf heden tot 2027

De ontwikkeling van de emissieverklarende variabele (nat scheepsoppervlak) is afhankelijk van twee factoren:

- ontwikkeling van de scheepsactiviteiten
- ontwikkeling van de scheepsgroote

Scheepsactiviteiten

Een prognose voor de ontwikkelingen van de scheepsbewegingen kan worden gebaseerd op scenario's van CPB. In hun scenariodocument Welvaart en leefomgeving (CPB et al., 2006) wordt een ontwikkeling van de in havens omgeslagen hoeveelheid goederen geschetst. Voor de ontwikkeling van de scheepsbewegingen (in tonkm) wordt aangenomen dat ze lineair afhankelijk is van deze omgeslagen hoeveelheid goederen.

Gekozen wordt voor het Global Economy scenario dat in de periode 2002 tot 2040 voorziet in ruim een verdubbeling van de scheepvaartactiviteiten: 2% groei per jaar.

Voor de visserij wordt een afname verwacht van 50% tot 2040: 2% afname per jaar.

Ontwikkeling scheepsgroote

De ontwikkeling van scheepsgroote is van belang voor de ontwikkeling van de emissies door anodes. Door een groei van de gemiddelde scheepsgroote neemt bij gelijkblijvend totaal tonnage het totaal nat oppervlak af, omdat grotere schepen relatief minder oppervlak hebben dat minder grote schepen. De ontwikkeling van scheepsgroote per scheepstype is gebaseerd op de ontwikkeling van de gemiddelde scheepsgroote in de afgelopen 20 jaar. Hierbij is vastgesteld dat voor een aantal scheepstypen geen groei is opgetreden, terwijl voor anderen de gemiddelde scheepsgroote met 20-30% is toegenomen.

- In grootte niet belangrijk toegenomen zijn: Chemicalientankers en olieproducten, bulkcarriers, reefers en diversen, non-merchant. Voor deze schepen wordt aangenomen dat in de komende 20 jaar geen groei in scheepsgroote optreedt.
- In grootte toegenomen zijn: olietankers, OBO, containerschepen, general dry cargo schepen, veerboten, passagiersschepen en roro's en visserijschepen. Voor deze

schepen wordt in de komende twintig jaar een gemiddelde groei in scheepsgrootte van 20% aangenomen.

Ontwikkeling nat scheepsoppervlak:

Combinatie van de groei de scheepsactiviteiten en de gemiddelde scheepsgrootte resulteert in de indexcijfers ten opzichte van 2004 in onderstaande tabel. Het gevolg van een groei in gemiddelde scheepsgrootte is dat uiteindelijk de groei van het WSA wat wordt afgeremd. Grotere schepen hebben per eenheid laadvermogen namelijk wat minder oppervlak dan kleinere schepen.

Tabel 15
Emissie verklarende variabelen voor de jaren 2004 t/m 2027

jaar	indexcijfer WSA schepen zonder significante groei scheepsgrootte ¹⁾	Indexcijfer WSA schepen met significante groei scheepsgrootte ²⁾	indexcijfer WSA visserij-schepen
2004	100	100	100
2009	110	107	88
2015	124	116	76
2021	139	125	65
2027	156	135	56

1) Chemicalientankers en olieproducten, bulkcarriers, reefers en diversen, non-merchant.

2) Olietankers, OBO, containerschepen, general dry cargo schepen, veerboten, passagiersschepen en roro's en visserijschepen

4.5 Jaarlijkse bepaling

Bron voor jaarlijkse actualisatie

Voor het aantal bezoekende schepen en de omvang van de visserijvloot 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 visserijschepen. Deze cijfers worden jaarlijks gepubliceerd door het CBS.

Beschrijving data-aanvoerroute

De data van het CBS kunnen op twee manieren worden verkregen. De eerste manier is gebruikmaking van de helpdesk van het CBS. Hier kunnen zowel telefonisch als per mail vragen worden gesteld over gepubliceerde cijfers. De andere 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 2005 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 [visserijvloot](#) 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.

Bronnen voor actualisatie van geregionaliseerde data

Indien de regionalisatie moet worden geactualiseerd zijn er twee gegevens bronnen nodig:

1. Voor de Nederlandse vaarwegen en havens moet gebruik worden gemaakt van de gegevens uit de database voor berekening van luchtmissies.
2. Voor de actualisatie van de geregionaliseerde gegevens op NCP moet gebruik worden gemaakt van verkeersdatabase bij MARIN.

Voor beide bewerkingen is waarschijnlijk specialistische assistentie noodzakelijk.

Voor de berekening van het onderwateroppervlak op NCP 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 2004 zijn afkomstig van Lloyds. Deze basisgegevens zullen gezien de hoge kosten, slechts periodiek kunnen worden aangekocht. De vernieuwing van de Lloyds-database leidde niet tot grote veranderingen van het natte scheepsoppervlak. De Lloyds-gegevens werden door het MARIN omgewerkt tot een verkeersdatabase. De verkeersdatabase zal in de toekomst worden gebaseerd op AIS-data (waarvan niet zeker is of deze nog bij Lloyds zal moeten worden aangeschaft). De verkeersdatabase is verkrijgbaar bij het MARIN of bij AVV (E. Bolt). Tot nu toe is ongeveer eens per 4 jaar een nieuwe verkeersdatabase opgesteld aan de hand van de Lloyds-database.

5 Aard van de emissiebron

De emissiebron anodes heeft het ruimtelijke karakter van een diffuse bron. Als geheel is de emissiebron min of meer te beschouwen als een lijnbron langs de scheepvaartroutes op het NCP, waarvan de sterkte evenredig is met het jaarlijks passerend natte scheepsoppervlak. Daarnaast is de visserij een additionele diffuse bron. De havens zijn afhankelijk van de vorm te beschouwen als een puntbron (kleine havens) of als een oppervlaktebron (grote havens).

6 Emissiefactoren

6.1 Emissiefactoren

De emissiefactor is voor de onderdelen scheepshuid en ballasttanks opgebouwd uit de corrosiesnelheid van het anodemateriaal en de factoren blootstellingtijd en de mate van toepassing van het betreffende anodemateriaal (zink of aluminium).

De emissiefactoren voor de verschillende onderdelen staan in tabel 16.

Tabel 16
Emissiefactoren voor anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip

Type schip	corrosiesnelheid in $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$		Blootstelling Dagen/jaar	Toepassingsfactor		Emissiefactor $\text{kg}/\text{m}^2.\text{jaar}$	
	zink	aluminium		zink	aluminium	zink	aluminium
Buitenkant schip							
Tankers, bulk carriers, container- schepen	46	13,3	365	0,7	0,125	0,1175	0,0607
Ro/ro, supply, passenger, ferry	61,5	17,8	365	0,7	0,125	0,1571	0,0812
Vissersschepen	77	22,2	365	0,2	0,1	0,1967	0,1013
Ballasttanks							
Alle schepen	276	79,8	128	0,1	0,3	0,0353	0,0306

Tabel 17
Emissiefactoren voor anodes op zeeschepen en vissersschepen in de haven

Type schip	corrosiesnelheid in $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{dag}$		Blootstelling Dagen/jaar	toepassingsfactor		Emissiefactor $\text{g}/\text{m}^2.\text{jaar}$	
	zink	aluminium		zink	aluminium	Zink	aluminium
Zeeschepen	11,5	3,3	(-1,5)*	0,7	0,125	0,12	0,0062
Vissersschepen	19,3	5,6	(-160)*	0,2	0,1	6,16	0,88

*) Zie hoofdstuk 10

6.2 Toepassingspercentages

In de praktijk worden zink en aluminium anodes gebruik. Daarnaast wordt het zgn. IC systeem gebruikt, waarbij geen emissie optreedt. De verhouding in het gebruik op de buitenkant van zeeschepen is als volgt (Willems et al., 2003):

- 70,0 % Zinkanodes;
- 12,5 % Aluminiumanodes;
- 17,5 % ICCP systemen.

Voor vissersschepen ligt de verhouding van gebruikte kathodische beschermingsmethode anders dan bij andere zeeschepen. Het IC-systeem wordt in 70% van de gevallen gebruikt. De verdeling bij vissersschepen is (Willems et al., 2003):

- 20 % Zinkanodes;
- 10% aluminiumanodes.
- 70 % ICCP systemen.

Niet bij alle schepen wordt de ballasttank voorzien van anodes. 40% Van de ballasttanks is uitgerust met anodes de overige 60% is enkel voorzien van coating. Van de ballasttanks die zijn uitgerust met anodes, is een deel gecoat een ander deel niet. Een verdeling is niet te geven door gebrek aan informatie. Verdeling naar anodemateriaal voor de ballast tank is (Willems et al., 2003):

- 60% geen anodes;
- 30% aluminiumanodes;
- 10% zinkanodes.

6.3 Tijdreeks van 1990 tot heden

Voor de trend in de toepassingspercentages is nader onderzoek nodig. Het gaat daarbij vooral om de mate van toepassing van materialen. Een dergelijk onderzoek zou kunnen worden uitgevoerd door middel van een enquête bij schepen. De inspanning die dit zou vergen is aanzienlijk. Tot nu toe is voor de jaren 1990 tot heden steeds is uitgegaan van de emissiefactoren in tabel 16 en 17.

6.4 Jaarlijkse bepaling

Er zijn geen eerdere schattingen voor de emissie van zink afkomstig van de corrosie van anodemateriaal op schepen voor het NCP. In de komende jaren kan aandacht geschonken worden aan de trend in de toepassing van de soort kathodische bescherming (zink, aluminium, IC-systemen) maar ook aan de wijze waarop met ballastwater wordt omgegaan.

7 Emissies

7.1 Emissiecijfers 2004

De emissies voor 2004 voor de schepen uit de geregionaliseerde database zijn als volgt:

Tabel 18
Emissies door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip in 2004, (kg/jaar)

Procesomschrijving	Zink	Cadmium	Aluminium
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	90625	45	4680
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	4367	2	3788
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	18269	9	943
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	17831	9	910
Subtotaal zeeschepen	13109		
	3	66	10321
Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	3193	2	460
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	361	0,2	313
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	1811	1	263
Subtotaal vissersschepen	5204	3	897

7.2 Emissie van 1990-2005

In tabel 19, 20 en 21 staan de emissies door de anodes op de buitenkant en de binnenkant van het schip voor de jaren 1990 t/m 2005.

Tabel 19
Emissies van zink door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip sinds 1990, (kg/jaar)

Procesomschrijving	1990	1995	2000	2005
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	94477	90642	86591	88858
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	4553	4368	4173	4282
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	19045	18272	17456	17913
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	18589	17835	17037	17484
Subtotaal zeeschepen	136664	131117	125257	128536

Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	4313	3800	3685	2977
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	488	430	417	337
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	2447	2156	2091	1689
Subtotaal vissersschepen	7031	6195	6008	4852

Tabel 20

Emissies van cadmium door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip sinds 1990, (kg/jaar)

Procesomschrijving	1990	1995	2000	2005
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	47	45	43	44
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	2	2	2	2
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	10	9	9	9
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	9	9	9	9
Subtotaal zeeschepen	68	66	63	64
Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	2,2	1,9	1,8	1,5
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	0,2	0,2	0,2	0,2
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	1,2	1,1	1,0	0,8
Subtotaal vissersschepen	3,5	3,1	3,0	2,4

Tabel 21

Emissies van aluminium door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip sinds 1990, (kg/jaar)

Procesomschrijving	1990	1995	2000	2005
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	4879	4681	4471	4589
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	3949	3789	3619	3714
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	983	943	901	925
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	948	910	869	892
Subtotaal zeeschepen	10760	10323	9862	10120
Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	622	548	531	429
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	423	373	362	292
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	355	313	303	245
Subtotaal vissersschepen	1212	1068	1035	836

7.3 Prognose van emissies van 2009-2027

In tabel 22, 23 en 24 staan de prognoses voor de emissies door de anodes op de buitenkant en de binnenkant van het schip voor de jaren 1990 t/m 2005.

Tabel 22

Emissies van zink door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip van 2009 t/m 2027, (kg/jaar)

Procesomschrijving	2009	2015	2021	2027
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	97797	107187	117513	128873
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	4703	5142	5623	6151
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	19870	21984	24331	26937
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	19224	21046	23047	25246
Subtotaal zeeschepen	141595	155359	170513	187206
Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	2813	2416	2075	1783
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	318	273	235	202
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	1596	1371	1177	1011
Subtotaal vissersschepen	4585	3939	3383	2906

Tabel 23

Emissies van cadmium door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip van 2009 t/m 2027, (kg/jaar)

Procesomschrijving	2009	2015	2021	2027
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	49	54	59	64
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	2	3	3	3
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	10	11	12	13
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	10	11	12	13
Subtotaal zeeschepen	71	78	85	94
Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	1,4	1,2	1,0	0,9
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	0,2	0,1	0,1	0,1
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	0,8	0,7	0,6	0,5
Subtotaal vissersschepen	2,3	2,0	1,7	1,5

Tabel 24
Emissies van aluminium door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip van 2009 t/m 2027, (kg/jaar)

Procesomschrijving	2009	2015	2021	2027
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	5050	5535	6068	6655
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	4080	4460	4877	5335
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	1026	1135	1256	1391
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	981	1074	1176	1288
Subtotaal zeeschepen	11137	12204	13378	14669
Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	405	348	299	257
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	276	237	204	175
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	232	199	171	147
Subtotaal vissersschepen	790	679	583	501

7.4 Verschil in methode

De methodiek voor de berekening van de emissies is niet gewijzigd ten opzichte van de vorige versie van de factsheets (Kuiper, 2003a en 2003b). Wel zijn enkele rekenfouten bij de berekening van emissies uit ballasttanks en van vissersschepen gecorrigeerd. Daarnaast zijn emissies geïntroduceerd van schepen die van/naar/in Nederlandse havens varen. Daarbij zijn de emissiefactoren gebruikt die ook op NCP worden toegepast. De emissies uit beunkoeling zijn verwijderd omdat beunkoeling geen algemeen toegepaste techniek is.

7.5 Verschil in cijfers

De verschillen in cijfers staan aangegeven voor twee jaren in onderstaande tabellen. De verschillen zijn hoofdzakelijk terug te voeren op rekenfouten bij de afleiding van en/of de toepassing van de gepresenteerde emissiefactoren in de vorige versie. In deze versie zijn de corrosiesnelheden van de vorige versie gehandhaafd.

Tabel 19

Emissies van zink door anodes
aan de buitenkant en binnenkant
van het schip sinds 1990,
(ton/jaar)

Procesomschrijving	1990 oud	1990 nieuw	2000 oud	2000 nieuw
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	100,8	94,5	95,3	86,6
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	17,0	4,6	16,1	4,2
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	-	19,0	-	17,5
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	24,6	18,6	23,2	17,0
Subtotaal zeeschepen	142,4	136,7	134,6	125,3
Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	4,5	4,3	3,7	3,9
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	2,5	0,5	2,3	0,4
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	17,4	2,4	14,4	2,1
Subtotaal vissersschepen	24,4	7,2	20,4	6,4

Tabel 20

Emissies van cadmium door
anodes aan de buitenkant en
binnenkant van het schip sinds
1990, (kg/jaar)

Procesomschrijving	1990 oud	1990 nieuw	2000 oud	2000 nieuw
Anodes buitenkant zeeschepen varend op het NCP	50	47	48	43
Anodes ballasttanks zeeschepen varend op het NCP	8	2	8	2
Anodes buitenkant zeeschepen varend van/naar/in havens	-	10	-	9
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	12	9	12	9
Subtotaal zeeschepen	70	68	68	63
Anodes buitenkant vissersschepen varend op het NCP	2,6	2,2	2	1,8
Anodes ballasttanks vissersschepen varend op het NCP	1,2	0,2	1,1	0,2
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	9	1,2	7	1,1
Subtotaal vissersschepen	12,8	4,1	10,1	3,5

Tabel 21

Emissies van aluminium door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip sinds 1990, (kg/jaar)

Procesomschrijving	1990 oud	1990 nieuw	2000 oud	2000 nieuw
Anodes buitenkant zeeschepen varende op het NCP	5,4	4,9	5,2	4,7
Anodes ballasttanks zeeschepen varende op het NCP	14,8	3,9	14,2	3,8
Anodes buitenkant zeeschepen varende van/naar/in havens	-	0,9	-	0,9
Anodes buitenkant zeeschepen stilliggend in havens	1,3	0,9	1,3	0,9
Subtotaal zeeschepen	21,5	10,6	20,7	10,3
Anodes buitenkant vissersschepen varende op het NCP	0,7	0,6	0,6	0,5
Anodes ballasttanks vissersschepen varende op het NCP	2,1	0,4	2,0	0,4
Anodes buitenkant vissersschepen stilliggend in havens	1,6	0,4	1,4	0,3
Subtotaal vissersschepen	4,4	1,4	4	1,2

Voor andere gebieden zijn ook studies bekend. In deze studies wordt meestal uitgegaan van de geschatte hoeveelheid anodes op een schip, de geschatte levensduur van de anodes en de hoeveelheid anodemateriaal dat aan het einde van de levensduur (of ten tijde van vervanging) nog aanwezig is. Vergelijking met een Amerikaanse studie volgens deze methode levert goede overeenkomsten met de in dit rapport gevonden emissies (EPA, 1996). Op grond van de vorige versie van dit protocol werd een schatting gemaakt van emissie op de gehele Noordzee (Walraven, 2006) op grond van het aantal bezoekende zeeschepen in andere landen. De emissie van zink op de gehele Noordzee in 2000 werd geschat op een kleine 1800 ton. Gezien het drukke scheepvaartverkeer op het NCP en de verhouding van de oppervlakken van het gehele NCP en de gehele Noordzee lijkt de schatting van Walraven aan de hoge kant. Waarschijnlijk is het zeer grote totaal aantal zeeschepen dat Deense en Engelse zeehavens aandoet de oorzaak van deze hoge schatting. De grootte van de schepen en de verblijftijden zijn niet verdisconteerd in deze studie.

8 Kwaliteit van de gegevens

Het bovenstaande kan worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie (Harmelen, A.K., van, 2001). 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 vissersschepen op het NCP wordt zorgvuldig bijgehouden, wat een classificatie A voor dat deel van de emissieverklarende variabele oplevert. Het nat oppervlak van de schepen op het NCP betreft een modelmatige schattingen. Totaal levert dit een voor de emissieverklarende variabele een classificatie B op.

De emissiefactoren zijn gebaseerd op aanbevelingen die vanuit technische kennis en praktijkervaring zijn opgesteld. Op grond hiervan wordt voor de emissiefactoren de classificatie C 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.

Onderdeel emissieberekening	Classificatie
Emissieverklarende variabele	B
Emissiefactoren	C (E voor ballastwater)
Verdeling compartimenten	A
Emissieroute naar water	A

9 Verbeterpunten methodiek

9.1 Zwakke punten

Het aantal schepen op het NCP in deze studie is bepaald voor het jaar 2004. Om tevens cijfers te kunnen presenteren voor de jaren 1990 tot 2003 is een vergelijking gemaakt met de CBS-jaarcijfers van het aantal zeeschepen dat de Nederlandse havens bezocht heeft. De cijfers van zowel het CBS als van Lloyds worden als betrouwbaar gezien, maar de aanname dat er een lineair verband tussen het aantal schepen op het NCP en het aantal schepen dat de Nederlandse havens bezoekt is onzeker.

Er zijn geen goede gegevens over de trends in de toepassing van de verschillende alternatieven voor kathodische bescherming, te weten de keuze voor zink, aluminium of IC. De mate waarin ballastwater wordt gewisseld op het NCP is niet nauwkeurig bekend.

Gegevens over het aantal schepen op het NCP en hun onderwateroppervlak is slechts bekend voor het jaar 2004 afkomstig van de Lloyds database. Om toch cijfers te kunnen presenteren voor de jaren 1990 tot 2002 is van een constant gemiddeld oppervlak (nl. dat van het jaar 2004) per schip uitgegaan.

De cijfers van zowel het CBS als van Lloyds worden als betrouwbaar gezien. Het is echter niet zeker of de gegevens over de schepen op het NCP direct vertaalbaar zijn voor de schepen in de havens.

9.2 Belangrijkste verbeterpunten

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

- In een volgend jaar kan een onderzoek naar de trend in het gebruik van de verschillende soorten kathodische bescherming in de tijd worden opgezet;
- Ook kan gepoogd worden een beter beeld te verkrijgen van het wisselen van ballastwater op het NCP en de toepassing van zink- en aluminium anodes.

10 Regionale opsplitsing

10.1 Zeeschepen en vissersschepen op NCP

De emissies per kaartvierkant van 5x5 kilometer zijn bepaald met behulp van het nat onderwateroppervlak (WSA) dat berekend is per scheepstype met behulp van de Lloyds verkeersdatabase van het jaar 2004 door MARIN.

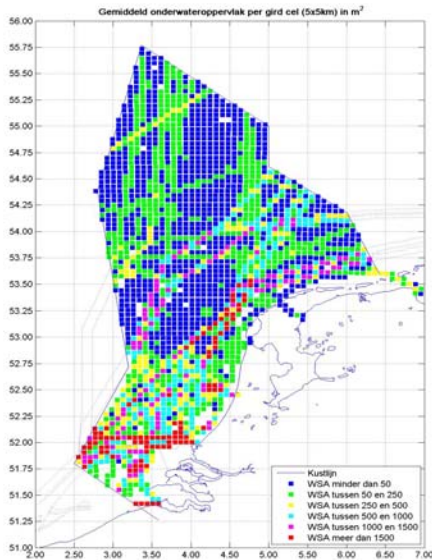
De verkeerssoorten die hierin zijn meegenomen zijn:

- Routegebonden scheepvaartverkeer
- Voor ankerliggende schepen
- Vissersschepen
- Werkschepen

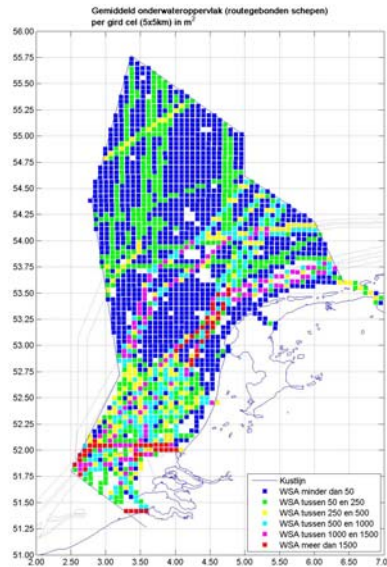
Voor ieder schip dat rondvaart op het Nederlands deel van het continentaal plat is het maximaal nat scheepsoppervlak bepaald, gebruik makend van bekende scheepsdimensies uit het Lloyds-scheepsregister. Hiervoor is gebruik gemaakt van de formules van Mennen-Holtrop (formule 1) en indien dit niet mogelijk was vanwege het ontbreken van gegevens met de afgeleide methode om nat oppervlak te bepalen op basis van de scheepsgrootte in GT(formule 2). Het werkelijk nat scheepsoppervlak werd verkregen na correctie voor werkelijke belading via formule 3. Deze gegevens zijn door MARIN vervolgens toegepast op de verkeersdatabase nadat eerst gemiddeld was over de SAMSON-scheepstypen en SAMSON-scheepsgrootteklassen. Vervolgens is per kilometervak bepaald in welk KRW-waterlichamen zich deze vakken bevinden. Per KRW-waterlichaam zijn vervolgens de emissies berekend.

In onderstaande figuren 7 t/m 11 is het nat onderwateroppervlak van de vier soorten scheepvaartverkeer ruimtelijk weergegeven.

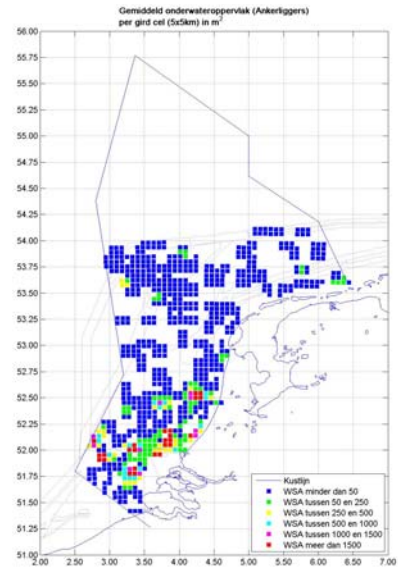
Figuur 7
Verdeling van het totale nat onderwateroppervlak van schepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



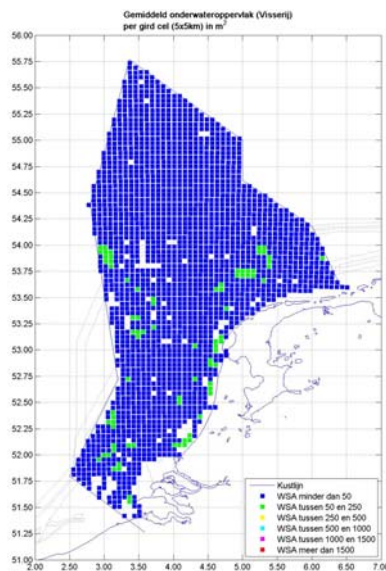
Figuur 8
Verdeling van het nat onderwateroppervlak van routegebonden schepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



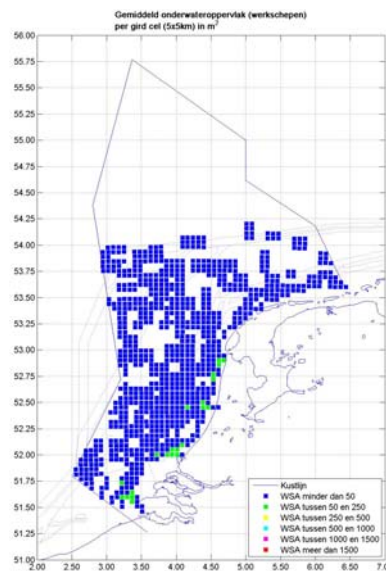
Figuur 9
Verdeling van het nat onderwateroppervlak van voor anker liggende schepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



Figuur 10
Verdeling van het totale nat onderwateroppervlak van vissersschepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



Figuur 11
Verdeling van het totale nat onderwateroppervlak van werkschepen op het Nederlands deel van het continentaal plat.



10.2 Zeeschepen op Nederlands grondgebied

Regionalisatie van de berekende emissies voor de zeescheepvaart is uitgevoerd aan de hand van gegevens van bezoekende zeeschepen van de belangrijkste zeehavens.

Hierbij is een onderscheid gehanteerd naar scheepstype en de fasen waarin het schip verkeert: aanvaren, manoeuvreren en stilliggen. Alle basisgegevens zijn gehaald uit de EMS-modellen voor de berekening van de luchtmissies. De emissieverklarende variabelen die uit de luchtmodule komen zijn voor deze fasen uitgedrukt in GT.km voor aanvaren, GT.uren voor manoeuvreren en GT voor stilliggen. Deze grootheden zijn per haven per fase toebedeeld aan vaarweglijnstukken uit het Nationale wegenbestand (NWB van RWS-AVV) waarvan het vaarwegenbestand deel van uitmaakt. Per haven is de activiteit proportioneel aan de lengte van de gepasseerde vaarwegvakken toebedeeld.

Voor elk van de fasen die de schepen op Nederlands grondgebied varen wordt een verschillende formule gebruikt voor de berekening van het gemiddeld aanwezige natte scheepsoppervlak (WSA).

De formule voor de omrekening van stilliggende schepen is:

$$GT * WSA/GT * Ligduur / 8760.$$

Het GT van stilliggende schepen is afkomstig uit het bestand dat voor de berekening van de luchtmissies wordt aangeleverd door AVV.

De formule voor de omrekening van varende schepen is:

$$GT.km / Snelheid * WSA/GT / 8760.$$

De GT.km van varende schepen is berekend met het model waarmee de luchtmissies van varende schepen worden berekend.

De formule is voor de omrekening van manoeuvrerende schepen is:

$$GT.uren * WSA/GT / 8760.$$

De GT.uren van varende schepen is berekend met het model waarmee de luchtmissies van manoeuvrerende schepen worden berekend.

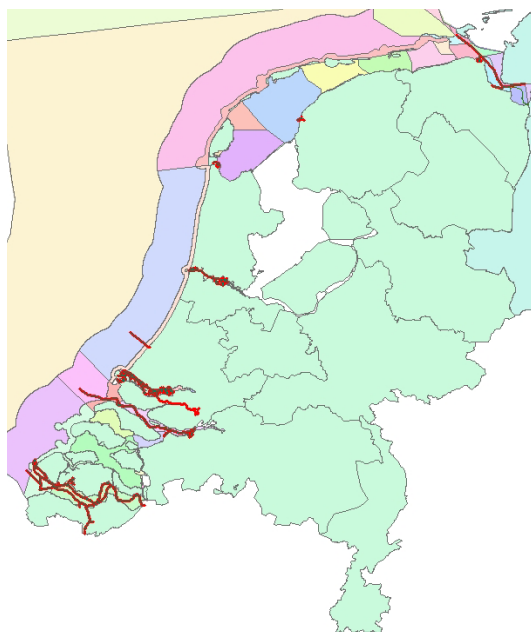
In tabel 22 staan de factoren die voor omrekening van GT naar WSA zijn gebruikt.

.....
Tabel 22
Omrekeningsfactoren voor stilliggende,
manoeuvrerende en varende schepen
naar nat oppervlak

Scheepstype	WSA/GT (m ² /GT)	Ligduur (uur)	Snelheid (km/uur)
Olie Tankers (Crude)	0,23	28	17,3
Andere Tankers (Sap Chemie)	0,43	24	19,2
Bulkcarriers	0,24	52	20
Container Schepen	0,25	21	20,2
Conv.Stukgoed	0,54	25	20,2
Ferries / Roro	0,18	24	23,1
Reefers	0,51	31	24,8
Overige Schepen	0,5	46	26,3

Op onderstaand kaartje (figuur12) is globaal weergegeven met rode lijnen⁵ aan welke lijnstukken van het NWB de emissies van zeeschepen in havens zijn gekoppeld. Met GIS is bepaald welk deel van een bepaald vaarweglijnstuk binnen een KRW-gebied valt. Op grond van deze gedeeltes zijn de emissie toegekend aan KRW-gebieden.

.....
Figuur 12 :
Zeeschepen onderweg naar havens en
in Nederlandse zeehavens en Emden



10.3 Visserische schepen in havens

Het onderwateroppervlak van vissersschepen in visserijhavens is bepaald met behulp van het VIRIS-systeem van het LEI waarin alle vaarbewegingen van de vissersschepen worden geregistreerd. In VIRIS wordt het aantal dagen in een haven niet rechtstreeks vastgelegd. Het aantal dagen in de haven is 365,25 dagen (aantal dagen in het jaar) minus het aantal zeedagen. Een schip kan in een jaar meerdere havens aandoen. Het aantal dagen in een bepaalde haven wordt uitgerekend door de verhouding tussen totaal aantal reizen in het jaar en het aantal reizen vanuit de desbetreffende haven te vermenigvuldigen met het hiervoor uitgerekende aantal dagen in de haven. Het aantal dagen in een bepaalde haven wordt vermenigvuldigd met 24 om het aantal uren in een bepaalde haven uit te rekenen.

⁵ De uitstekende lijnstukken bij Scheveningen en Goeree-overflakkee zijn in de database weggelaten

Het aantal uren in een bepaalde haven wordt vermenigvuldigd met 1,0*GT van schip om het onderwateroppervlakte uit te rekenen. Het onderwateroppervlak is vervolgens per haven geaggregeerd en gedeeld door 8760 (uren per jaar).

In tabel 23 staat het onderwateroppervlak per visserijhaven in 2005 weergegeven en in figuur 13 is plaats van de havens weergegeven. Van elke haven is bekend in welk KRW-gebied deze ligt. Niet alle havens zijn gelegen in KRW-gebieden die als zout zijn aangemerkt.

.....
Tabel 23
 Gemiddeld aanwezig nat oppervlak van
 vissersschepen in vissershavens in 2005

Haven	WSA ⁶
Oostburg - Breskens	952
Schouwen Duiveland	51
Delfzijl	1770
Harlingen	19569
Den Helder	9199
Hemelumer-Oldeferd (gemeente Nyefurd)	20
Ijmuiden	52300
Katwijk	3
Ulrum - Lauwersoog	5559
Terneuzen	19
Scheveningen - Den Haag	14577
Goedereede - Stellendam	6369
Stavoren (gemeente Nyefurd)	98
Terschelling	158
Texel	4320
Urk	253
Vlissingen	10309
Wonseradeel	116
Wieringen	2522
Yerseke	385
Zierikzee	10
	128559

⁶ gecorrigeerd voor bezoek van buitenlandse vissersschepen (ongeveer 30 procent)

Figuur 13:
Locatie van Visserijhavens



11 Referenties

British Standard, (1991) BS 7361 *Cathodic Protection, Part.1 Code of practice for land and marine applications*

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2003) *Elektronische database Statline*. Internetapplicatie.

CPB, MNP, RPB (2006), *Welvaart en leefomgeving, een scenariodocument voor Nederland in 2040*, Centraal Planbureau, Milieu- en Natuurplanbureau en Ruimtelijk Planbureau, ISBN-13: 978-90-6960-149-6

Det Norske Veritas (1993) DNV RP B401 *Recommended Practice Cathodic Protection Design*

Environmental Protection Agency. (1996) *Nature of discharge report "Cathodic Protection"*

Glansdorp, C.C., Tak, C. van der. (1993) Modellering van de functie "scheepvaart" in het MANS-project. MARAN&MSCN.

Harmelen, A.K. van *et al.* November 2001. *Emissie monitor, jaarcijfers 1999 en ramingen 2000 voor emissies en afval*. Rapportage reeks milieumonitor nr. 2.

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.

Holtrop J., A (1977) *Statistical Analysis of Performance Test Results*. International Shipbuilding Progress, 1977, Vol 24, No. 270.

Kuiper, P.J.C. (2003a) *EMS-protocol Emissies door Zeevaart en Visserij, Anodes op schepen op het NCP*. RIZA-werkdocument nr. 2003.153X.

Kuiper P.J.C. (2003b), *EMS-protocol Emissies door Zeevaart en Visserij, Anodes op schepen in havens*. RIZA-werkdocument nr. 2003.153X.

Koivisto, S. (2003), Proposal for Finnish exposure scenarios for antifouling products, Finnish Environment Institute, 2003

Man-Diesel (2002) Basic principles of ship propulsion, Man-Diesel document P-254-04-04; http://www.manbw.com/article_003859.html

Nederlands Normalisatie-instituut (1996). NEN-EN 12496
"Opofferingsanodes voor kathodische bescherming in zeewater",

Norsok. (1997) Norsok Standard M-503 *Cathodic protection*

OECD (2005) *Emission scenario document on antifouling products*,
OECD Environmental Health and Safety Publications Series on Emission
Scenario Documents No. 13, Environment Directorate Organisation for
Economic Co-operation and Development, Paris, France

OSPAR (1992). *Zinc inputs to the environment from sacrificial anodes
used offshore and inland.*

Roovaart, J.C. van den. (2002) *Uitloging zeeschepen in havens*. RIZA-
werkdocument nr. 2001.088X, volgnr. 3.

Tak, K van der (2006), *personal communication*, MARIN, Wageningen.

U.S. Military Specification (1987). MIL-A-18001J "Anodes, Corrosion
Preventive, Zinc; Slab, Disc and Rod Shaped"

Walraven, N., Assessing the input of various sources (riverine, direct
discharge, atmospheric and sea shipping) of Cu, Zn, Cd, TBT and
biocides to the Greater North Sea, Annex 1 of INPUT 06/4/1-
E(L),OSPAR (January,31-February,2, 2006)

Willems, M. et al. (2003) *Uitloging van anodemateriaal van
zeeschepen*. BECO Groep BV, Rotterdam.

Willemsen P.R., Ferrari, G.M. (1992) *Emissies van organotin naar
Nederlandse oppervlaktewateren*. TNO-rapport, rapportnr. C 92.1003.

Wulffraat, K.J. et al (1993). *De belasting van de Noordzee met
verontreinigende stoffen 1980 – 1990*. Rapport DGW 93-037.