

# **EMS-protocol Emissies door Zeescheepvaart en Visserij: Anodes op schepen op het NCP**

Versie 2, 25.10.2003

25 oktober 2003

Auteur:  
P.J.C. Kuiper  
Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en  
Afvalwaterbehandeling



---

## Inhoudsopgave

---

<b>1</b>	<b>Inleiding en scope</b>	<b>1-1</b>
<b>3</b>	<b>Emissiebron</b>	<b>3-1</b>
3.1	Oorzaken	3-1
3.1.1	Passieve bescherming middels opofferingsanoden	3-1
3.1.2	Actieve bescherming middels Impressed Current	3-3
3.1.3	Ballasttanks	3-4
3.1.4	Elektrische anti-fouling in beunkeoling	3-5
3.2	Maatregelen	3-6
<b>4</b>	<b>Berekeningswijze</b>	<b>4-1</b>
4.1	Buitenkant schip	4-1
4.2	Nat scheepsoppervlak	4-1
4.3	Corrosiesnelheid	4-3
4.4	Binnenkant schip	4-5
4.5	Toepassingspercentages	4-7
4.6	Jaarreeksen	4-7
<b>5</b>	<b>Emissieverklarende variabele</b>	<b>5-1</b>
5.1	Bepaling met behulp van statistische gegevens	5-1
5.1.1	Buitenkant schip	5-1
5.1.2	Binnenkant schip	5-1
5.2	Tijdreeks 1990 tot heden	5-2
5.3	Jaarlijkse bepaling	5-3
<b>6</b>	<b>Aard van de emissiebron</b>	<b>6-1</b>
<b>7</b>	<b>Emissiefactoren</b>	<b>7-1</b>
7.1	Emissiefactoren	7-1
7.2	Tijdreeks van 1990 tot heden	7-2
7.3	Jaarlijkse bepaling	7-2
<b>8</b>	<b>Emissies</b>	<b>8-1</b>
8.1	Emissiecijfers 2002	8-1
8.2	Emissie sinds 1990	8-1
8.3	Vershil in Methode	8-1
8.4	Vershil in cijfers	8-1
<b>9</b>	<b>Kwaliteit van de gegevens</b>	<b>9-1</b>
<b>10</b>	<b>Verbeterpunten methodiek</b>	<b>10-1</b>
10.1	Zwakke punten	10-1
10.2	Belangrijkste verbeterpunten	10-1
<b>11</b>	<b>Regionale opsplitsing</b>	<b>11-1</b>
<b>16</b>	<b>Referenties</b>	<b>16-1</b>

---

<b>Bijlage A</b>	<b>Buitenkant schip</b>	<b>A-1</b>
<b>Bijlage B</b>	<b>Binnenkant schip</b>	<b>B-1</b>
<b>Bijlage C</b>	<b>Beunkoeling: emissies door elektrische antifouling</b>	<b>C-1</b>

---

# 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 die varen op het Nederlands Continentaal Plat (NCP). Ook de emissie die optreedt door de toepassing van elektrische anti-fouling systemen in de beunkoeling van deze schepen wordt beschouwd.

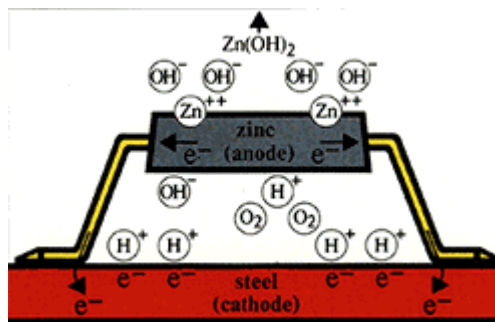
De emissie wordt binnen de emissieregistratie toegekend aan de doelgroep Verkeer en vervoer. Het gaat om de emissies van zink, aluminium, koper en cadmium. Cadmium is als verontreiniging in het zink aanwezig en komt bij het oplossen van dit anodemateriaal vrij.

De emissies door anodes op zeeschepen en vissersschepen in de Nederlandse havens is beschreven in [1].

### 3.1 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, beunkoeling, 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.

#### 3.1.1 Passieve bescherming middels opofferingsanoden


Om het schip passief kathodisch te beschermen wordt gebruik gemaakt van opofferingsanoden. Deze opofferingsanoden 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 anoden 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  $\epsilon$ , 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 zinkanoden wordt de levensduur van zinkanoden 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. Aluminiumanoden leveren een betere prestatie dan de zinkanoden (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 aluminiumanoden 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).

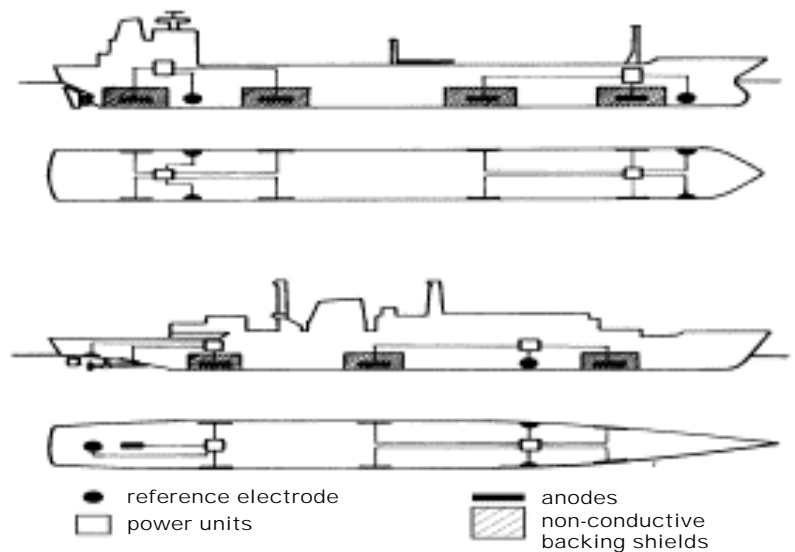
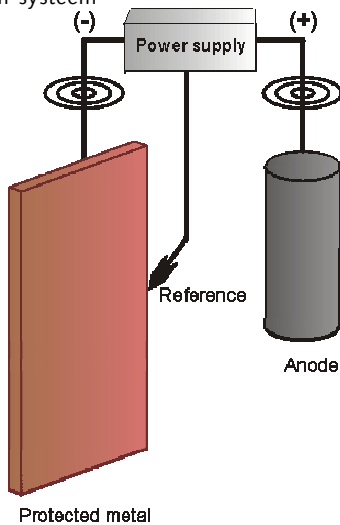
### 3.1.2 Actieve bescherming middels Impressed Current

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 anoden. De regelbare gelijkrichter kan zodanig worden ingesteld dat de verbonden anode(n) precies die beschermstroom leveren die voor de gewenste beschermingspotentiaal 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 anoden geplaatst. De onderdelen van een schip die uitgerust worden met passieve anoden 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.



---

### 3.1.3 Ballasttanks

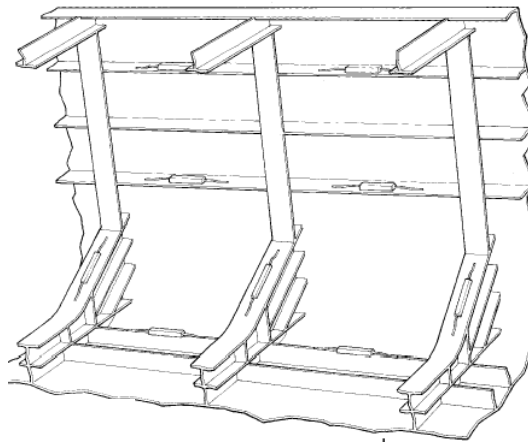
De bescherming van de ballast tank van een schip is complexer dan de bescherming van de romp. Daar ligt een aantal redenen aan ten grondslag:

- 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 anoden 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 anoden in de ballast tank zijn zoals eerder gezegd moeilijk te vervangen. Zie figuur 3 voor de plaatsing van anoden in de ballasttanks.



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.

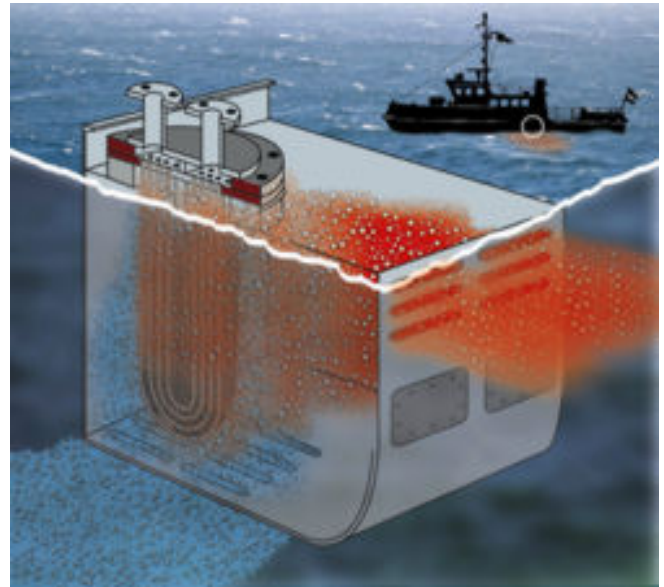
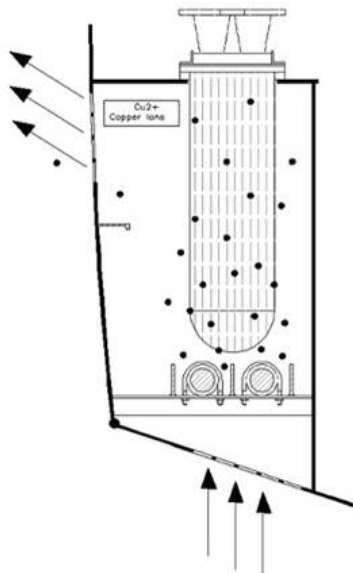
Voor de hoger geplaatste anoden in de ballasttank wordt in bepaalde gevallen dus zink gebruikt (een combinatie met aluminium is dus mogelijk).

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

### 3.1.4 Elektrische anti-fouling in beunkoeling

In de beunkoeling van het schip zit de warmtewisselaar die er voor zorgt dat bepaalde systemen van een schip gekoeld worden (motor, elektrische systemen, generatoren, etc.). Koud zeewater stroomt via openingen in de huid van de boot de beunkoeling in, het water koelt

.....  
**figuur 4** Beunkoeling anti-fouling systeem op basis van koper en aluminium anode



de warmtewisselaar waarna het vervolgens opgewarmd weer naar buiten stroomt. In de beunkoeling worden zowel zinkanoden als aluminiumanoden geplaatst. Het IC-systeem zoals gebruikt voor de scheepsromp wordt niet in de beunkoeling gebruikt. Wel wordt er gebruik gemaakt van een elektrisch anti-fouling systeem dat als bijeffect heeft dat de beunkoeling vrij blijft van corrosie. In figuur 4 staat schematisch de werking van het systeem aangegeven.

Probleem bij de warmtewisselaar is naast het gevaar van corrosie, de aangroei van organismen (fouling). Door de aangroei functioneert het koelsysteem niet goed meer wat tot oververhitting van de te koelen onderdelen kan leiden. In de beunkoeling worden daarom preventieve maatregelen genomen die voorkomen dat organisme aangroeien (anti-fouling). Eén van de methoden is het doseren van bepaalde chemicaliën die de aangroei van organismen tegenhoudt.

Een ander methode die veel wordt toegepast is een elektrisch systeem die koper en aluminium in oplossing brengt. Het koper zorgt voor de anti-fouling, het aluminium zorgt er voor dat het koper beter werkt en dat corrosie in de beun wordt tegengegaan. Bij deze methode gaan grote hoeveelheden koper en aluminium in oplossing

---

## 3.2 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 [8, 9, 10]. 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 anoden 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 [18] 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 VAMIL<sup>1</sup> regeling (een milieuregeling van VROM).

---

<sup>1</sup> Vamil staat voor willekeurige afschrijving milieu-investering. De VAMIL is door het Ministerie van VROM opgesteld.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de berekeningswijze die is toegepast om tot de emissieschatting te komen. 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.

## 4.1 Buitenkant schip

De berekende emissie is het product van de emissiefactor (waarin de corrosiesnelheid van het betreffende anodemateriaal, de blootstellingtijd en de toepassingsfactor) en de emissieverklarende variabele (bestaande uit de totale natte oppervlakte van de zeeschepen op het NCP). De emissie wordt uitgedrukt in ton per jaar. De corrosiesnelheden 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 [2]. 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 [5]. 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 (zie hoofdstuk 4.4).

## 4.2 Nat scheepsoppervlak

Het nat oppervlak van een schip is relatief nauwkeurig te berekenen. Om het nat oppervlak van een scheepsromp te berekenen is de formule van Denny-Mumford te gebruiken:

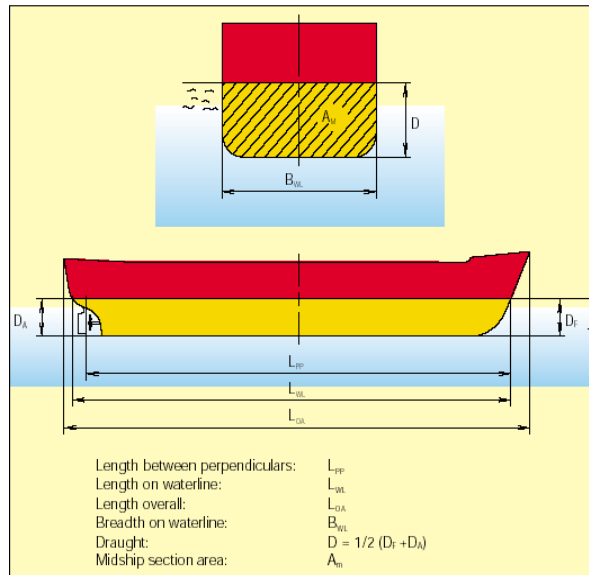
$$(1,7 * l * d) + (BC * l * b) = A$$

Waarbij:

Parameter	Eenheid	Uitleg
l	m.	Lengte tussen de twee loodlijnen (zie figuur 5)
d	m.	Vershil tussen min. en max. diepgang van het schip (zie figuur 5)
BC	--	Blok Coëfficiënt: factor om ronding van vorm van schip te corrigeren (zie tabel 2)
b	m.	Breedte
A	m <sup>3</sup>	Nat oppervlak van het schip

Formule 1  
Berekening nat scheepsoppervlak

.....  
**figuur 5** Scheepsromp afmetingen



De blokcoëfficiënt corrigeert het oppervlak voor de scheepsvorm. Kleine slanke schepen hebben een kleiner onderwaterschip dan grote. De blokcoëfficiënt is een getal tussen 0,7 en 0,9. De in de berekening gebruikte blokcoëfficiënten zijn weergegeven in tabel 1 [2,5].

.....  
**tabel 2** Blokcoëfficiënt

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

De formule van Eddy-Mumford berekent het nat oppervlak dat behoort bij de ontwerpdiepgang van het schip. Dat is de diepgang bij maximale belading. Het totale natoppervlak per type schip varend op het NCP kan berekend worden met behulp van de gegevens uit het risicomodel SAMSON. Het gemiddeld onderwateroppervlak van de zeeschepen op het NCP bedraagt conform bovenstaande berekeningswijze afgerond ca. 4400 m<sup>2</sup>. Van het gemiddelde onderwateroppervlak van visserijsschepen in Nederlandse havens bevat de verkeersdatabank van SAMSON geen gegevens. Wel is de lengte van de schepen bekend. Door gebruik te maken van de aannames die in de Mam-Pec-studie worden gebruikt voor de berekening van het onderwateroppervlak (de diepte van een schip bedraagt 5% van de lengte en de breedte van een schip bedraagt 15% van de lengte) kan het onderwateroppervlak voor de visserijsschepen worden berekend. Ook dit onderwateroppervlak is gecorrigeerd voor de vorm (blokcoëfficiënt). Het gemiddelde onderwateroppervlak van visserijsschepen bedraagt ca. 553 m<sup>2</sup>.

### 4.3 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 m<sup>2</sup> (*i<sub>c</sub>*) om corrosie tegen te gaan [7, 9, 11]. Uit deze stroomdichtheden volgt het aantal te plaatsen anodes. Voor kaal staal geldt in het Noordzeewater dat de elektrische stroomdichtheid ca. 85 mA/m<sup>2</sup> 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.

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 <sup>2</sup>	Nat oppervlakte

$i_c$	mA/m <sup>2</sup>	Benodigde elektrische stroomdichtheid
T	Uren	Verblijftijd in het water in uren
$\epsilon$	Ah/kg	Elektrische capaciteit anode in zeewater
U	Factor	Utilization factor, voor emissieberekeningen is $u=1$ Fractie die het gebruikte anodemateriaal (zink of aluminium)
$a_m$	Factor	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 3 zijn de benodigde stroomdichtheden per onderdeel en per type schip gegeven [2].

Tabel 3: Benodigde elektrische stroomdichtheid per onderdeel van en per type schip

	Benodigde stroomdichtheid (mAmp/m <sup>2</sup> )				
	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, boegschroeven en de beunkoeling per scheepstype niet bekend is, kan voor de schatting tabel 4 gebruikt worden[2]. In deze tabel staat de benodigde stroomdichtheid voor de romp inclusief wat nodig is ter bescherming van de schroeven, roeren, straalbuizen, boegschroeven en beunkoeling.

Tabel 4: gemiddelde benodigde elektrische stroomdichtheid voor romp, achterschip en boegschroeven per type schip

Type schip	Benodigde stroomdichtheid (mAmp/m <sup>2</sup> )
OBO carrier	15
Tankers	15
Bulkcarrier	15
Container	15

Benodigde stroomdichtheid (mA/m <sup>2</sup> )	
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

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

In de emissieschatting is voor wat betreft de corrosiesnelheid onderscheid gemaakt tussen zeeschepen, Roro, passagiers en veerschepen en vissersschepen (stroomdichtheid 25 mA/m<sup>2</sup>). Zie tabel 5 [12].

.....  
 Tabel 5  
 Stroomdichtheden en corrosiesnelheden voor  
 anodes op zeeschepen

Stroomdichtheid en corrosiesnelheid buitenkant schip			
Type schip	Stroomdichtheid <i>i<sub>c</sub></i> in mA/m <sup>2</sup>	corrosiesnelheid in $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{dag}$	
		Zink	aluminium
Tankers, bulk carriers, container schepen	15	46	13,3
Ro/ro, supply, passenger, ferry	20	61,5	17,8
Vissersschepen	25	77	22,2

#### 4.4 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 6 is de maximale ballastcapaciteit afgemeten aan het Dead Weight Tonnage (DWT) gegeven[2]. Er kan hiermee per sloopstypen een maximale ballastcapaciteit worden berekend in m<sup>3</sup>.



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 6  
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  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{dag}$  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 7  
Corrosiesnelheid van anodes in ballasttanks

	Stroomdichtheid $i_c$ in $\text{mA}/\text{m}^2$	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).

De beunskoeling geeft bij toepassing van elektrische anti-fouling systemen eveneens emissies naar water. De vloot van Directie Noordzee van Rijkswaterstaat vervangt elke twee jaar per schip gemiddeld 100 kg van deze anoden. Het is niet bekend hoeveel schepen dergelijke systemen toepassen. Als eerste schatting is in dit document 50 % van de schepen aangehouden.

---

## 4.5 Toepassingspercentages

In de praktijk worden zink en aluminium anoden 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 [2]:

- 70,0 % Zinkanoden;
- 12,5 % Aluminiumanoden;
- 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 [2]:

- 20 % Zinkanoden;
- 10% aluminiumanoden.
- 70 % ICCP systemen.

Niet bij alle schepen wordt de ballasttank voorzien van anoden. 40% Van de ballasttanks is uitgerust met anoden de overige 60% is enkel voorzien van coating. Van de ballasttanks die zijn uitgerust met anoden, 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 [2]:

- 60% geen anoden;
- 30% aluminiumanoden;
- 10% zinkanoden.

Voor de beunskoeling is geen goed inzicht beschikbaar. Voor een eerste schatting is uitgegaan van de volgende verdeling [2]:

- 50 % geen anoden;
- 25 % zink;
- 25 % aluminium.

## 4.6 Jaarreeksen

Om een jaarreeks te kunnen presenteren wordt een vergelijking gemaakt tussen het aantal zeeschepen dat jaarlijks de Nederlandse havens bezoekt en het aantal schepen op het NCP. De cijfers van het aantal zeeschepen dat de Nederlandse havens bezoekt, zijn afkomstig van het CBS[3]. In tabel 8 worden deze CBS jaarreeksen gegeven.

.....  
Tabel 8  
Aantallen schepen die de Nederlandse haven bezoeken en areaal aan vissersschepen

Jaar	Aantal bezoekende zeeschepen	Aantal vissersschepen***
1990	45.920*	639
1993	42.168*	563

---

1994	43.835*	573
1995	44.056*	581
1996	42.830	557
1997	42.681	543
1998	42.401	546
1999	43.136	540
2000	43.406	528
2001	42.858	523
2002	42.377**	515**

\* Omdat de Statline database van het CBS geen gegevens bevat van voor 1996 zijn deze cijfers verkregen uit bijschatting van reeds bekende cijfers uit de factsheet 'Uitloging van zeeschepen in havens' [6]. De bijschatting bedraagt het aantal bezoeken, geschat op basis van de verschillen tussen de cijfers van de Statline database en de factsheet over de jaren 1996-2000.

\*\* Het jaarcijfer voor bezoekende zeeschepen over 2002 is geschat aan de hand van beschikbare cijfers over de eerste drie kwartalen van dat jaar. Het jaarcijfer voor het aantal vissersschepen over 2002 is gebaseerd op een extrapolatie over voorgaande jaren.

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

Bovenstaande totaalcijfers voor Nederland 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.

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

## 5.1 Bepaling met behulp van statistische gegevens

### 5.1.1 Buitenkant schip

Onderstaande tabel vermeldt het nat oppervlak van de zeeschepen en vissersschepen dat zich gemiddeld per dag op het Nederlands Continentaal Plat bevindt. Dit is de emissieverklarende variabele als het gaat om de corrosie van de anodes op de buitenkant van het schip. De informatie is afkomstig van de verkeersdatabase over het jaar 2000 van het risicomodel SAMSON [5].

Tabel 9

Emissie verklarende variabel (EVV): het gemiddelde natte oppervlak voor het jaar 2000

Tonnage (ton)	EVV zeeschepen Onderwater- oppervlak (m <sup>2</sup> )	Tonnage (ton)	EVV vissersschepen Onderwater- oppervlak (m <sup>2</sup> )
100 – 500	1474	< 50	11370
500 - 1.000	9267	50 - 100	18790
1.000 - 1.600	28718	100 - 500	31133
1.600 - 10.000	294572	500 - 1.000	3717
10.000 - 30.000	252202	1.000 - 1.600	148
30.000 - 60.000	165631	> 1.600	392
60.000 - 100.000	45191		
> 100.000	11031		
Totaal	808087		65551

### 5.1.2 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.

Voor de beunskoeling is de emissieverklarende factor het gemiddelde aantal schepen dat zich elke dag op het NCP bevindt.

In onderstaande tabel zijn de emissie verklarende variabelen gegeven voor de ballasttanks en de beunskoeling. Er is daarbij een verdeling gemaakt naar tonnage klassen. De cijfers gelden voor het jaar 2000.

Tabel 10

Emissieverklarende variabele voor de ballasttanks en beunkoeling voor het jaar 2000

Tonnage (ton) klassering	Zeeschepen		vissersschepen		
	EVV Beunkoeling (gemiddeld aantal per dag)	EVV ballasttanks (Inwendig oppervlak m <sup>2</sup> )	Tonnage (ton) Klassering	EVV Beunkoeling (gem. aantal per dag)	EVV ballasttanks (Inwendig oppervlak m <sup>2</sup> )
100 - 500	17,35	1075,57	< 50	21,06	56,31
500 - 1.000	10,63	540,28	50 - 100	34,81	114,71
1.000 - 1.600	16,63	770,83	100 - 500	57,67	173,64
1.600 - 10.000	81,99	12179,10	500 - 1.000	4,61	499,80
10.000 - 30.000	36,56	27696,23	1.000 - 1.600	0,15	1775,16
30.000 - 60.000	13,86	26857,68	> 1.600	0,18	3367,88
60.000 - 100.000	4,84	2403,20			
> 100.000	1,13	250,76			
<b>Totaal</b>	<b>183,00</b>	<b>71773,65</b>		<b>118,49</b>	<b>5987,49</b>

## 5.2 Tijdreeks 1990 tot heden

In onderstaande tabel worden de tijdreeksen voor de emissieverklarende variabelen gegeven, te weten het nat scheepsoppervlak, het inwendig oppervlak van de ballasttanks en het aantal schepen. Het betreft het aantal en het oppervlak dat gemiddeld per dag op het NCP aanwezig is.

Tabel 11

Emissieverklarende variabelen voor de jaren 1990 - 2002

Zeescheepvaart			
Jaar	Nat scheepsoppervlak m <sup>2</sup>	oppervlak ballasttank m <sup>2</sup>	Aantal schepen
1990	854890	75931	194
1993	785039	69727	178
1994	816073	72483	185
1995	820188	72849	186
1996	797363	70821	181
1997	794590	70575	180
1998	789377	70112	179
1999	803060	71327	182
2000	808087	71774	183
2001	797885	70868	181
2002	788930	70072	179
Visserij			
Jaar			
1990	79332	7246	143
1993	71138	6498	129
1994	69896	6384	126
1995	72131	6589	130

---

1996	69151	6316	125
1997	67413	6158	122
1998	67786	6192	123
1999	67041	6124	121
2000	65551	5988	118
2001	64930	5931	117
2002	63937	5840	116

---

### 5.3 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 visserij-schepen. 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 2002 te worden geselecteerd en uit het tabblad "Belangrijkste Nederlandse havens" alle afzonderlijke zeehavens. Kies in het tabblad "Belangrijkste Nederlandse havens" niet voor "Nederland totaal". Daarin zijn de doublures niet meegenomen. Voor de 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.

#### Bron voor periodiek data

Voor de berekening van het onderwateroppervlak is de verkeersdatabase van het risicomodel SAMSON de bron voor periodieke actualisatie. Voor het berekenen van het nat oppervlak van de schepen is gebruik gemaakt van de gegevens van de verkeersdatabase van SAMSON. De basisgegevens voor de verkeersdatabase over het jaar 2000 zijn

---

afkomstig van Lloyds. Deze basisgegevens zullen mogelijk, gezien de hoge kosten, slechts periodiek worden aangekocht. Verwacht wordt dat vernieuwing van de Lloyds-database niet zal leiden tot grote veranderingen van het nat oppervlak, maar zeker is dat niet. De database is verkrijgbaar bij Lloyds. De Lloyds-gegevens worden door het Marin omgewerkt tot een verkeersdatabase. De verkeersdatabase is verkrijgbaar bij het Marin of bij AVV (E. Bolt). Liefst eens per jaar zal er een nieuwe verkeersdatabase moeten worden opgesteld aan de hand van de Lloyds-database.

De emissiebron, de anode, heeft het karakter van een puntbron. In feite bezit elk schip een aantal puntbronnen en daarbij verplaatsen schepen zich ook nog. Als geheel is de emissiebron te beschouwen als een lijnbron langs de scheepvaartroutes op het NCP, waarvan de sterkte evenredig is met het jaarlijks passerend scheepshuidoppervlak. Daarnaast is de visserij een additionele diffuse bron.



### 7.1 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).

Voor het onderdeel beunkoeling bestaat de emissiefactor uit het verbruik aan anodemateriaal gedurende een jaar en een toepassingsvariabele van het betreffende anodemateriaal (koper of aluminium).

De emissiefactoren voor de verschillende onderdelen staan in tabel 12.

Tabel 12  
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 $\text{kg}/\text{m}^2$	
	Zink	aluminium		zink	aluminium	zink	aluminium
<b>Buitenkant schip</b>							
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	0,7	0,125	0,1967	0,1013
<b>Ballasttanks</b>							
Alle schepen	276	79,8	128	0,3	0,1	0,106	0,102
<b>Beunkoeling</b>							
	Verbruik aan materiaal $\text{Kg}/\text{schip}/\text{jaar}$			toepassingsfactor		Emissiefactor $\text{kg}/\text{schip}$	
				aluminium	koper	aluminium	koper
Alle schepen	50		n.v.t.	0,25	0,25	12,5	12,5

---

## **7.2 Tijdreeks van 1990 tot heden**

Voor de trend in de emissiefactoren is nader onderzoek nodig. Het gaat daarbij vooral om de mate van toepassing van materialen. Omdat dit de eerste keer is dat de emissieschatting voor deze categorie wordt gemaakt, is hier nog geen aandacht aan besteed. Dat betekent dat voor de jaren 1990 tot heden steeds is uitgegaan van de emissiefactoren in tabel 12.

## **7.3 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 en een nadere detaillering met betrekking tot de toepassing van elektrische anti-fouling systemen in beunkoeling van schepen.

### 8.1 Emissiecijfers 2002

De emissies voor 2002 voor de buitenkant van de schepen zijn als volgt:

Tabel 13  
Emissies door anodes aan de buitenkant en binnenkant van het schip en door beunkeeling met elektrische anti-fouling bestrijding

Zeevaart en/of visserij	Emissie in 2002			
	Ton/jaar			
	Buitenkant schip			
Zeeschepen	93,03	4,98	0,0465	
Vissersschepen	3,59	0,54	0,0018	
subtotaal	96,62	5,52	0,0483	
	ballasttanks			
Zeeschepen	15,7	13,61	0,00785	
vissersschepen	1,99	1,73	0,00100	
subtotaal	17,70	15,34	0,00885	
	Beunkeeling			
Zeeschepen		4,47		4,47
vissersschepen		2,89		2,89
subtotaal		7,36		7,36
<b>totaal</b>	<b>114,32</b>	<b>28,22</b>	<b>0,0572</b>	<b>7,36</b>

### 8.2 Emissie sinds 1990

In bijlage 17 staan de emissies door de anodes op de buitenkant en de binnenkant van het schip en de emissies vanuit de beunkeeling voor de jaren 1990 t/m 2002.

### 8.3 Verschil in Methode

Van de emissies door anodes in de zeevaart en visserij op het NCP zijn eerder geen schattingen opgenomen. De hier toegepaste methode is voor de anodes gebaseerd op de berekeningsmethode voor het plaatsten van anodes op schepen die in de praktijk veel wordt toegepast. Voor de beunkeeling is een grove benadering gebruikt, gebaseerd op mondeling verkregen informatie.

### 8.4 Verschil in cijfers

Er zijn geen eerdere cijfers bekend voor de emissies van zink, koper, aluminium en cadmium op het NCP vanuit deze sector.

---

Wel zijn er voor andere gebieden 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 [12]. Dit geldt in mindere mate voor de schatting in het DGW rapport uit 1993 [17], maar hier is minder duidelijk welke rekenwijze is gebruikt. Het rapport baseert zich op cijfers uit een OSPAR rapport uit 1992 [0]. Het rapport noemt voor de hele Noordzee een zink emissie van 12.000 ton. Omgerekend naar het NCP zou dit neerkomen op een zink emissie van 3000 ton zijn, hetgeen in orde grootte een factor 30 hoger is dan de schatting in dit rapport. Een verklaring hiervoor is niet te geven.

Het bovenstaande kan worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie [16]. 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 en beunkoeling)
Verdeling compartimenten	A
Emissieroute naar water	A

## 10.1 Zwakke punten

Het aantal schepen op het NCP is slechts bekend voor het jaar 2000. Om tevens cijfers te kunnen presenteren voor de jaren 1990 tot 2002 is een vergelijk 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. De emissie cijfers als gevolg van de toepassing van elektrische antifouling systemen in beunkoeling is gebaseerd op summiere gegevens.

## 10.2 Belangrijkste verbeterpunten

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

- er dient te worden bezien of er jaarlijks een nieuwe verkeersdatabase kan worden aangemaakt door het Marin. Hiervoor dient een Lloyds verkeersbestand te worden aangekocht dat dient te worden omgewerkt tot een verkeersdatabase. Aankoop en verwerking kosten naar verwachting enkele maanden. De kosten voor de database van Lloyds zijn ongeveer €28.000. De kosten voor het omwerken van de gegevens tot een verkeersdatabase bedragen ongeveer €14.000;
- 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 van de emissies via het beunkoelwater door de toepassing van koper en aluminium anodes.

De emissie vindt plaats op het Nederlands Continentaal Plat. Een verdere regionalisatie is niet voor de hand liggend, tenzij een verdeling naar scheepvaartroutes gemaakt zou worden en ervan uit wordt gegaan dat daar de meeste scheepsbewegingen zullen plaatsvinden.

1. Kuiper, P.J.C. (2003) *EMS-protocol Emissies door Zeevaart en Visserij, Anodes op schepen in havens*. RIZA-werkdocument nr. 2003.153X. (zie elders in Deel I)
2. Willems, M et al. (2003) *Uitloging van anodemateriaal van zeeschepen*. BECO Groep BV, Rotterdam. (zie Deel II)
3. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2003) *Elektronische database Statline*. Internetapplicatie.
4. Hattum, B. van, Baart, A.C., Boon, J.G. (2002) *Computer model to generate predicted environmental concentrations (PECs) for antifouling in the marine environment, 2<sup>nd</sup> edition accompanying the release of Mam-Pec version 1.4*. rapportnr. E-02-04 / Z3117. IVM, Amsterdam | WL, Delft.
5. Glansdorp, C.C., Tak, C. van der. (1993) *Modellering van de functie "scheepvaart" in het MANS-project*. MARAN&MSCN.
6. Roovaart, J.C. van den. (2002) *Uitloging zeeschepen in havens*. RIZA-werkdocument nr. 2001.088X, volgnr. 3.
7. Norsok. (1997) *Norsok Standard M-503 Cathodic protection*
8. Nederlands Normalisatie-instituut (1996). NEN-EN 12496 "Opofferingsanoden voor kathodische bescherming in zeewater",
9. Det Norske Veritas (1993) *DNV RP B401 Recommended Practice Cathodic Protection Design*
10. U.S. Military Specification (1987). MIL-A-18001J "Anodes, Corrosion Preventive, Zinc; Slab, Disc and Rod Shaped"
11. British Standard, (1991) *BS 7361 Cathodic Protection, Part.1 Code of practice for land and marine applications*
12. Environmental Protection Agency. (1996) *Nature of discharge report "Cathodic Protection"*
13. Meilier, A. *A review of galvanic anode cathodic protection design procedure*
14. Persoonlijke mededeling van de heer Visser van de Verenigde Visserijcoöperatie te Urk.



- 
15. Willemsen P.R., Ferrari, G.M. (1992) *Emissies van organotin naar Nederlandse oppervlaktewateren*. TNO-rapport, rapportnr. C 92.1003.
  16. Harmelen, A.K. van et al. November 2001. *Emissiemonitor, jaarcijfers 1999 en ramingen 2000 voor emissies en afval*. Rapportage reeks milieumonitor nr. 2.
  17. Wulffraat, K.J. et al (1993). *De belasting van de Noordzee met verontreinigende stoffen 1980 – 1990*. Rapport DGW 93-037.
  18. OSPAR (1992). *Zinc inputs to the environment from sacrificial anodes used offshore and inland*.

---

---

## Bijlage A Buitenkant schip

---

---

### Totaal emissie vanaf de buitenkant van schepen op het NCP (voor het jaar 2000)

---

Tonnage	oppervlak m <sup>2</sup>	Zeeschepen			
		Toepassing %	Emissies zink (ton/jaar)	Toepassing %	emissies aluminium (ton/jaar)
0.1 - 0.5 kt	1159	70	0,17	12,5	0,01
0.5 - 1.0 kt	7899	70	1,09	12,5	0,06
1.0 - 1.6 kt	23795	70	3,39	12,5	0,18
1.6 - 10 kt	228347	70	34,74	12,5	1,86
10 - 30 kt	199322	70	29,74	12,5	1,59
30 - 60 kt	132639	70	19,53	12,5	1,05
60 - 100 kt	39416	70	5,33	12,5	0,29
> 100 kt	9603	70	1,30	12,5	0,07
<b>totaal</b>	<b>642180</b>		<b>95,29</b>		<b>5,10</b>

---

Visserij					
<50 ton	12748	20	0,64	10	0,096
50-100 ton	21068	20	1,06	10	0,158
0.1-0.5 kton	34907	20	1,75	10	0,262
0.5-1.0 kton	4167	20	0,21	10	0,031
1.0-1.6 kton	166	20	0,01	10	0,001
>1.6 kton	440	20	0,02	10	0,003
<b>totaal</b>	<b>73497</b>	<b>20</b>	<b>3,68</b>		<b>0,552</b>

---

<b>Totaal zeeschepen en visserij (ton)</b>			<b>98,97</b>		<b>5,66</b>
--	--	--	--------------	--	-------------

---

Gemiddeld oppervlak zeeschip m<sup>2</sup> 4415,89

---

Gemiddeld oppervlak vissersschip m<sup>2</sup> 553,34

Corrosiesnelheid zink is geschat en hangt af van het type schip

46 – 77 µg/cm<sup>2</sup>/dag

Corrosiesnelheid aluminium is geschat en hangt af het type schip

13,3 – 22,2 µg/cm<sup>2</sup>/dag

Gebruikte formule: Aantal schepen\*oppervlak per type schip \*corrosiesnelheid\*365  
toepassingspercentage\*0,00001

---

---

---

Jaarreks 1990 – 2002: buitenzijde schepen

---

Zeescheepvaart

Jaar	Aantal	Emissie Zn (ton)	Emissie aluminium (ton)
1990	70662	100,81	5,40
1993	64888	92,57	4,96
1994	67453	96,23	5,16
1995	67793	96,72	5,18
1996	65907	94,03	5,04
1997	65677	93,70	5,02
1998	65247	93,09	4,99
1999	66378	94,70	5,07
2000	66793	95,29	5,10
2001	65950	94,09	5,04
2002	65210	93,03	4,98

Visserij

Jaar	Aantal	Emissie Zn (ton)	Emissie aluminium (ton)
1990	52330	4,45	0,67
1993	46925	3,99	0,60
1994	46106	3,92	0,59
1995	47580	4,05	0,61
1996	45615	3,88	0,58
1997	44468	3,79	0,57
1998	44714	3,81	0,57
1999	44223	3,76	0,56
2000	43240	3,68	0,55
2001	42831	3,65	0,55
2002	42175	3,59	0,54

---

---

---

Zeescheepvaart en visserij: emissies door anodes aan buitenzijde van schepen

---

Totaal	Emissie Zn (ton)	Emissie aluminium (ton)	Emissie cadmium (kg)
1990	105,27	6,07	52,6
1993	96,57	5,56	48,3
1994	100,16	5,74	50,1
1995	100,77	5,79	50,4
1996	97,91	5,62	49,0
1997	97,49	5,59	48,7
1998	96,89	5,56	48,4
1999	98,46	5,64	49,2
2000	98,97	5,66	49,5
2001	97,74	5,59	48,9
2002	96,62	5,52	48,3

---

## Bijlage B Binnenkant schip

---

### Totaal emissie door anodes via ballastwater van schepen op het NCP (voor het jaar 2000)

---

Tonnage	oppervlak m <sup>2</sup> ballasttanks	Toepassing %	Zeeschepen		emissies aluminium (ton/jaar)
			Emissies zink (ton/jaar)	Toepassing %	
0.1 - 0.5 kt	4302	10	0,24	30	0,21
0.5 - 1.0 kt	2161	10	0,12	30	0,10
1.0 - 1.6 kt	3083	10	0,17	30	0,15
1.6 - 10 kt	48716	10	2,73	30	2,37
10 - 30 kt	110785	10	6,21	30	5,38
30 - 60 kt	107431	10	6,02	30	5,22
60 - 100 kt	9613	10	0,54	30	0,47
> 100 kt	1003	10	0,06	30	0,05
<b>totaal</b>	<b>287095</b>	<b>10</b>	<b>16,08</b>	<b>30</b>	<b>13,94</b>
Visserij					
<50 ton	225	10	0,01	30	0,01
50-100 ton	459	10	0,03	30	0,02
0.1-0.5 kton	695	10	0,04	30	0,03
0.5-1.0 kton	1999	10	0,11	30	0,10
1.0-1.6 kton	7101	10	0,40	30	0,34
>1.6 kton	13472	10	0,75	30	0,65
<b>totaal</b>	<b>23950</b>	<b>10</b>	<b>1,34</b>	<b>30</b>	<b>1,16</b>
<b>Totaal zeeschepen en visserij (ton)</b>			<b>17,43</b>		<b>15,10</b>

---

Gemiddeld oppervlak ballasttanks zeeschip  
m<sup>2</sup>

1569

Gemiddeld oppervlak ballasttanks  
vissersschip m<sup>2</sup>

202

Corrosiesnelheid zink

276 µg/cm<sup>2</sup>/dag

Corrosiesnelheid aluminium

79,8 µg/cm<sup>2</sup>/dag

Gebruikte formule:

Aantal schepen\*tonnage per type schip \*fractie ballast per type  
schip\*2,5\*corrosiesnelheid\*0,01\*aantal dagen in ballast\*  
0,00001\*toepassingspercentage\*0,5

---

---

---

**Jaarreks 1990 – 2002: emissies uit ballasttanks**

---

**Zeescheepvaart**

Jaar	Aantal	Emissie Zn (ton)	Emissie aluminium (ton)
1990	70662	17,02	14,75
1993	64888	15,63	13,54
1994	67453	16,24	14,08
1995	67793	16,33	14,15
1996	65907	15,87	13,76
1997	65677	15,82	13,71
1998	65247	15,71	13,62
1999	66378	15,98	13,85
2000	66793	16,09	13,94
2001	65950	15,88	13,76
2002	65210	15,70	13,61

**Visserij**

Jaar	Aantal	Emissie Zn (ton)	Emissie aluminium (ton)
1990	52330	2,47	2,14
1993	46925	2,22	1,92
1994	46106	2,18	1,89
1995	47580	2,25	1,95
1996	45615	2,16	1,87
1997	44468	2,10	1,82
1998	44714	2,11	1,83
1999	44223	2,09	1,81
2000	43240	2,05	1,77
2001	42831	2,03	1,76
2002	42175	1,99	1,73

---

---

**Zeescheepvaart en visserij: emissies uit ballasttanks**

---

Totaal	Emissie Zn (ton)	Emissie aluminium (ton)	Emissie cadmium (kg)
1990	19,49	16,89	9,32
1993	17,85	15,47	8,54
1994	18,42	15,97	8,84
1995	18,58	16,10	8,90
1996	18,03	15,62	8,64
1997	17,92	15,53	8,60
1998	17,83	15,45	8,55
1999	18,08	15,67	8,68
2000	18,13	15,71	8,71
2001	17,91	15,52	8,61
2002	17,70	15,34	8,51

---

## Bijlage C Beunkoeling: emissies door elektrische antifouling

Totaal emissie door elektrische antifouling in de beunkoeling van schepen op het NCP					
<b>Zeeschepen</b>					
Tonnage	Aantal schepen	Toepassing %	Emissies koper (ton/jaar)	Toepassing %	emissies aluminium (ton/jaar)
0.1 - 0.5 kt	6331	25	0,43	25	0,43
0.5 - 1.0 kt	3882	25	0,27	25	0,27
1.0 - 1.6 kt	6071	25	0,42	25	0,42
1.6 - 10 kt	29926	25	2,05	25	2,05
10 - 30 kt	13346	25	0,91	25	0,91
30 - 60 kt	5060	25	0,35	25	0,35
60 - 100 kt	1765	25	0,12	25	0,12
> 100 kt	413	25	0,03	25	0,03
<b>totaal</b>	<b>66793</b>	<b>25</b>	<b>4,57</b>	<b>25</b>	<b>4,57</b>
<b>Visserij</b>					
<50 ton	7687	25	0,527	25	0,527
50-100 ton	12704	25	0,870	25	0,870
0.1-0.5 kton	21050	25	1,442	25	1,442
0.5-1.0 kton	1683	25	0,115	25	0,115
1.0-1.6 kton	52	25	0,004	25	0,004
>1.6 kton	64	25	0,004	25	0,004
<b>totaal</b>	<b>43240</b>	<b>25</b>	<b>2,962</b>	<b>25</b>	<b>2,962</b>
Totaal zeeschepen en visserij (ton)			7,54	7,54	
Gebruikte formule			aantal schepen*50/1000/2		

---

**Jaarreks 1990 – 2002****Emissies door elektrische antifouling in beunkoeling**

<b>Zeescheepvaart</b>			
Jaar	Aantal	Emissie Cu (ton)	Emissie aluminium (ton)
1990	70662	4,84	4,84
1993	64888	4,44	4,44
1994	67453	4,62	4,62
1995	67793	4,64	4,64
1996	65907	4,51	4,51
1997	65677	4,50	4,50
1998	65247	4,47	4,47
1999	66378	4,55	4,55
2000	66793	4,57	4,57
2001	65950	4,52	4,52
2002	65210	4,47	4,47

<b>Visserij</b>			
Jaar	Aantal	Emissie Cu (ton)	Emissie aluminium (ton)
1990	52330	3,58	3,58
1993	46925	3,21	3,21
1994	46106	3,16	3,16
1995	47580	3,26	3,26
1996	45615	3,12	3,12
1997	44468	3,05	3,05
1998	44714	3,06	3,06
1999	44223	3,03	3,03
2000	43240	2,96	2,96
2001	42831	2,93	2,93
2002	42175	2,89	2,89

---

**Zeescheepvaart en visserij: emissies door elektrische antifouling in beunkoeling**

Totaal	Emissie koper (ton)	Emissie aluminium (ton)
1990	8,42	8,42
1993	7,66	7,66
1994	7,78	7,78
1995	7,90	7,90
1996	7,64	7,64
1997	7,54	7,54
1998	7,53	7,53
1999	7,58	7,58
2000	7,54	7,54
2001	7,45	7,45
2002	7,36	7,36

---



---

---