

**Emissieschattingen Diffuse bronnen
EmissieRegistratie**

Scheepswerven

Versie mei 2016

De gepresenteerde methode voor emissieberekening van de genoemde emissieoorzaken in deze factsheet is actueel, maar vanaf 2017 worden de nieuwe emissiecijfers niet meer toegevoegd. Ga voor de meest recente emissiecijfers naar de website van EmissieRegistratie (www.emissieregistratie.nl).

In opdracht van RIJKSWATERSTAAT – WV
Uitgevoerd door DELTARES en TNO

Scheepswerven

1 Omschrijving emissiebron

Emissies door scheepswerven worden veroorzaakt door de reparatie en onderhoud van schepen. Er wordt aangenomen dat emissies bij nieuwbouwwerven te verwaarlozen zijn, vergeleken met emissies bij reparatiewerven. Emissies komen vrij bij diverse processen, namelijk door het reinigen met hoge druk, het schoonspuiten van het dok na gritstralen en/of na verfspuiten, verwaaiing van grit en verf, uitloging van verf- en gritresten op dokwanden en uitloging van schepen die bij de werf liggen. De emissies worden toegekend aan de doelgroep overige industrie.

2 Toelichting berekeningswijze

De emissies worden per stof berekend door de vermenigvuldiging van een emissieverklarende variabele (EVV), hier het aantal schepen dat jaarlijks wordt behandeld, met een emissiefactor (EF) uitgedrukt in kg van de specifieke stof per schip. In deze berekening wordt uitgegaan van een gemiddelde grootte van de schepen. Deze berekeningswijze is toegelicht in de Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen [1] en wordt berekend volgens de volgende formule:

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

Waarbij:

EVV = Aantal schepen

EF = Emissiefactor (kg/schip)

Bovenstaande formule wordt gebruikt voor de berekening van emissies door scheepswerven voor zeeschepen. Emissies door scheepswerven van binnenschepen zijn bepaald in rapporten [2], [3] en [4]. Dit wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 6.

3 Emissieverklarende variabele

De emissieverklarende variabele is de hoeveelheid schepen die jaarlijks behandeld worden bij scheepswerven voor zeeschepen. In tabel 1 wordt weergegeven hoeveel schepen jaarlijks behandeld worden [6]. Vanwege gebrek aan nieuwe informatie is de hoeveelheid behandelde schepen voor de gehele reeks constant gehouden.

Tabel 1: Hoeveelheid schepen.

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Schepen in een drijvend dok	600	600	600	600	600	600	600
Schepen in een gegraven dok	200	200	200	200	200	200	200
Totaal behandelde schepen	800	800	800	800	800	800	800

4 Emissiefactoren

Voor de verschillende behandelingen die de zeeschepen ondergaan zijn diverse emissiefactoren bepaald. Deze worden weergegeven in tabel 2 en tabel 3. Voor de bepaling van de emissiefactoren wordt uitgegaan van een gemiddeld oppervlak per schip van 5000 m². Daarnaast wordt aangenomen dat de schepen gemiddeld 3 dagen aan de wal bij de werven liggen nadat ze zijn behandeld [6].

Emissiefactoren voor koper zijn gebaseerd op het CUWVO rapport over scheepswerven [5] en het basisdocument koper [7]. De gegevens uit deze documenten verschillen vaak aanzienlijk. Daarom is besloten om uit te gaan van gegevens gebaseerd op metingen. Als het nodig is, is er verder op basis van expert judgement een schatting gemaakt.

Emissiefactoren door hoge druk reinigen en het schoonspuiten van het dok na gritstralen en verfspuiten zijn gebaseerd op het CUWVO document (1991) [5]. Verwaaiing van grit en verf is gebaseerd op het basisdocument koper van Sloof et al. (1989) [7] en is verschillend voor een drijvend dok of voor een gegraven dok. Emissies door uitloging van dokken worden heel verschillend ingeschat door [5] en [7]. Aangenomen is dat de uitloging van dokken maximaal gelijk is aan de uitloging van schepen. De uitloging van schepen wordt ingeschat op 7,5 kg/schip, gebaseerd op [5]. Uitloging van dokken is hieraan gelijk gesteld.

Tabel 2: Emissiefactoren voor koper (kg Cu/schip).

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Hoge druk reinigen	0.13	0.13	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
Schoonspuiten van het dok na gritstralen	0.14	0.09	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009
Schoonspuiten van het dok na verfspuiten	0.41	0	0	0	0	0	0
Verwaaiing van grit en verf, drijvend dok	10	2	2	2	2	2	2
Verwaaiing van grit en verf, gegraven dok	5	1	1	1	1	1	1
Uitloging van dokken (gegraven)	7.5	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Uitloging van schepen bij de werf	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

Voor organotin worden de emissiefactoren uitgedrukt in kg Sn per schip. Er wordt hiervoor aangenomen dat organotin voor 38% bestaat uit tin.

Emissiefactoren door verwaaiing zijn berekend op basis van de koperemissie door verwaaiing en het gemiddelde koper- en organotingehalte in antifouling (Verstappen, 1995) [6]. Voor de uitloging van dokken is (net als bij koper) aangenomen dat deze maximaal even hoog is als de uitloging van schepen. De uitloging van schepen is verschillend voor conventionele antifouling en voor zelfslijpende antifouling. Er wordt aangenomen dat er op 30% van de schepen een conventionele antifouling wordt aangebracht, zoals genoemd in [5]. De emissiefactor voor antifouling wordt berekend door de uitloging tijdens het ankeren in de haven (met antifouling die al langer geleden geplaatst is) te vermenigvuldigen met 25. Uit cijfers van uitloging van koper, blijkt dat de uitloging na het aanbrengen van de antifouling 25 maal hoger is dan de uitloging van oude antifouling. Bij een gemiddelde ligtijd van 3 dagen in de scheepswerf, wordt een emissiefactor van 3 kg Sn per schip voor de conventionele antifouling en een emissiefactor van 1,1 kg Sn per schip voor de zelfslijpende antifouling berekend [6].

Tabel 3: Emissiefactoren voor organotin (kg Sn/schip).

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Hoge druk reinigen	0.0038	0.0038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038	0.00038
Schoonspuiten van het dok na gritstralen	0.0114	0.0074	0.00074	0.00074	0.00074	0.00074	0.00074
Schoonspuiten van het dok na verfspuiten	0.0228	0	0	0	0	0	0
Verwaaiing van grit en verf, drijvend dok	0.9	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Verwaaiing van grit en verf, gegraven dok	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Uitloging van dokken (gegraven)							
* conventionele antifouling	3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
* zelfslijpende antifouling	1.1	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Uitloging van schepen bij de werf							
* conventionele antifouling	3	3	3	3	3	3	3
* zelfslijpende antifouling	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

De emissiefactoren van koper en tin zijn eerst bepaald voor de situatie in 1985/1990. Hierna zijn diverse aanpassingen doorgevoerd waardoor de emissiefactoren zijn afgenomen:

- Vanaf 1990 is een maatregel doorgevoerd wat betreft de dok- en hellingvloerdiscipline, gericht op het beperken van waterverontreiniging [6]. Een van de onderdelen is dat het grit pas na het verven wordt afgevoerd. Hierdoor neemt de emissiefactor voor het schoonspuiten van het dok na verven af tot 0 kg/schip in 1995. Verder zorgt dit voor een reductie van 35% op emissies door schoonspuiten na gritstralen en voor een reductie van 90% op uitloging van het dok [6].
- Vanaf 1995 moeten alle werven windafscherming hebben geplaatst om verwaaiing te voorkomen. Aangenomen wordt dat de emissie door verwaaiing hierdoor vanaf 1995 met 80% gereduceerd wordt [6].

- Vanaf 1995 is een aanvullende zuivering van afvalwater doorgevoerd. Hierdoor nemen emissies door hoge druk reinigen en door schoonspuiten na gritstralen in 2000 met 90% af (bovenop de eerdere reductie bij de dok- en hellingvloerdiscipline) [6].

5 Maatregelen en effecten

Maatregelen die effect hebben gehad op de emissiefactoren van scheepswerven in de zeevaart zijn:

- Vanaf 1990 is een maatregel doorgevoerd wat betreft de dok- en hellingvloerdiscipline, gericht op het beperken van waterverontreiniging [6]. Een van de onderdelen is dat het grit pas na het verven wordt afgevoerd. Hierdoor neemt de emissiefactor voor het schoonspuiten van het dok na verven af tot 0 kg/schip in 1995. Verder zorgt dit voor een reductie van 35% op emissies door schoonspuiten na gritstralen en voor een reductie van 90% op uitloging van het dok [6].
- Vanaf 1995 moeten alle werven windafscherming hebben geplaatst om verwaaiing te voorkomen. Aangenomen wordt dat de emissie door verwaaiing hierdoor vanaf 1995 met 80% gereduceerd wordt [6].
- Vanaf 1995 is een aanvullende zuivering van afvalwater doorgevoerd. Hierdoor nemen emissies door hoge druk reinigen en door schoonspuiten na gritstralen in 2000 met 90% af (bovenop de eerdere reductie bij de dok- en hellingvloerdiscipline) [6].
- Vanaf 2003 gingen de TBT houdende coatings in de ban. Vanaf 2010 wordt er vanuit gegaan dat er geen TBT emissies meer vrijkomen.

Maatregelen die effect hebben gehad op de emissies van PAKs zijn [6]:

- Het behandelen van afvalwater zorgt voor een reductie van 90% vanaf 2000.
- Het vervangen van steenkoolteer door een teerarm product zorgt voor nog een reductie van 90% bovenop de eerste maatregel.

Maatregelen die effect hebben gehad op de emissies van TBT zijn:

- In 2001 is door IMO (International Maritime Organisation) een verdrag ondertekend dat nieuwe toepassing van TBT wereldwijd vanaf 2003 en het varen met schepen met TBT-houdende coatings vanaf 2008 verbiedt. In Europees verband is EU-verordening 782/2003 van kracht, welke de toepassing van TBT-houdende coating verbiedt op alle schepen die onder de vlag van één van de EU-lidstaten varen. Vanaf 2010 wordt uitgegaan dat er geen schepen zijn die nog legaal TBT emitteren.

6 Emissies

De emissies van koper en tin worden weergegeven in tabellen 4 en 5.

Tabel 4: Emissies van koper door scheepswerven voor zeevaart (kg Cu/jaar).

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Hoge druk reinigen	104	104	10.4	10.4	10.4	10.4	10.4
Schoonspuiten van het dok na gritstralen	112	72	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
Schoonspuiten van het dok na verfspuiten	328	0	0	0	0	0	0
Verwaaiing van grit en verf, drijvend dok	6 000	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Verwaaiing van grit en verf, gegraven dok	1 000	200	200	200	200	200	200
Uitloging van dokken (gegraven)	1 500	150	150	150	150	150	150
Uitloging van schepen bij de werf	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
Totaal	15 000	7 683	7 523	7 523	7 523	7 523	7 523

Tabel 5: Emissies van tin door scheepswerven voor zeevaart (kg Sn/jaar).

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Hoge druk reinigen	3.04	3.04	0.304	0.304	0	0	0
Schoonspuiten van het dok na gritstralen	9.12	5.92	0.592	0.592	0	0	0
Schoonspuiten van het dok na verfspuiten	18.24	0	0	0	0	0	0
Verwaaiing van grit en verf, drijvend dok	540	108	108	108	0	0	0
Verwaaiing van grit en verf, gegraven dok	100	20	20	20	0	0	0
Uitloging van dokken (gegraven)							
* conventionele antifouling	180	18	18	18	0	0	0
* zelfslijpende antifouling	154	15.4	15.4	15.4	0	0	0
Uitloging van schepen bij de werf							

* conventionele antifouling	720	720	720	720	0	0	0
* zelfslijpende antifouling	616	616	616	616	0	0	0
Totaal	2 340	1 510	1 505	1 505	0	0	0

De emissies van minerale olie worden weergegeven in tabel 6. Deze gegevens zijn afkomstig uit [6]. Het is niet duidelijk wat de achtergrond is van dit cijfermateriaal.

Tabel 6: Emissies van minerale olie (kg/jaar).

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Minerale olie	1.000	1.000	100	100	100	100	100

PAK emissies door scheepswerven voor binnenvaart zijn bepaald in rapport [5]. Dit levert een emissie van 335 kg PAK op. Echter, in het kader van de voortgangsrapportages voor Rijn- en Noordzeeactieplan betreffende industriële lozingen [3] en [4], wordt uitgegaan van een emissie van 200 kg PAK [6]. Deze wordt weergegeven in tabel 6. In het SPEED rapport PAK [2] zijn de emissies van fluorantheen en benzo(a)pyreen bepaald. De emissies zijn vanaf het jaar 2000 lager door het behandelen van afvalwater en het vervangen van steenkoolteer door een teerarm product. Beide maatregelen zorgen voor een emissie reductie van 90%. Samen wordt de emissie door deze maatregelen met 99% verminderd [6].

Tabel 7: Emissies van PAKs door scheepswerven voor binnenvaart (kg/jaar).

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Totaal PAK6	200	200	2	2	2	2	2
Waarvan:							
* Fluorantheen	30	30	0	0	0	0	0
* Benzo(a)pyreen	13	13	0	0	0	0	0

7 Verdeling compartimenten

De emissies door scheepswerven gaan voor 100% direct naar het oppervlaktewater.

8 Emissieroutes via riool naar water

De hier berekende emissies zijn directe emissies naar water.

9 Regionalisatie

Voor de regionale verdeling van emissies wordt binnen EmissieRegistratie gebruik gemaakt van een set van digitale kaarten, welke aanwezig is bij het RIVM (voor een overzicht van beschikbare sets van digitale kaarten zie [8]). Deze set geeft de regionale verdeling in Nederland weer van allerlei grootheden, zoals de bevolkingsdichtheid, verkeersintensiteit, landbouwactiviteiten, etc. Binnen de EmissieRegistratie worden deze kaarten gebruikt als 'lokator' om de regionale verdeling van emissies vast te stellen. Voor deze bron wordt het aantal werknemers in de scheepsbouw (SBI 30.1) gebruikt voor de regionalisatie.

10 Opmerkingen/wijzigingen ten opzichte van voorgaande jaren

In 2012 zijn de TBT emissies aangepast. Tot voorheen werden deze doorgesloopt. Aangezien TBT sinds 2003 niet meer mag worden toegepast, wordt er vanuit gegaan dat er geen TBT emissies meer voorkomen in 2010.

Originele factsheet:

Roovaart, van den J. (RWS WD), Scheepswerven, juli 2008

De factsheet wordt jaarlijks geüpdate

11 Betrouwbaarheid/verbeterpunten

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

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

Onderdeel emissieberekening	Betrouwbaarheidspercentage (%)
Emissieverklarende variabele	100
Emissiefactor:	
- Koper	100
- tin	200
Verdeling compartimenten	10
Emissieroutes via riool naar water	-
Regionalisatie	100

De emissieverklarende variabele is het aantal schepen, dat jaarlijks in scheepswerven gerepareerd wordt. De onderbouwing voor dit aantal ontbreekt en dit wordt steeds meer in het buitenland uitgevoerd. Het betrouwbaarheidspercentage wordt op 100% gezet. De emissiefactoren zijn deels gebaseerd op metingen (vooral de emissiefactoren in de jaren 1985-1995) en deels gebaseerd op schattingen en aannames (vooral de afname in emissie die wordt aangenomen voor de jaren 2000 en later). Voor koper wordt de betrouwbaarheid op 100% ingeschat, voor tin op 200%.

De emissies gaan direct naar het oppervlaktewater en daarom krijgen de verdeling over compartimenten en de emissieroutes naar water beiden een betrouwbaarheid van 10%.

De regionalisatie is gebaseerd op het aantal werknemers in scheepswerven. Dit is vrij nauwkeurig bekend, maar zegt niet alles over de activiteiten en emissies en krijgt daarom een betrouwbaarheid van 100%.

De belangrijkste verbeterpunten zijn:

- Het vernieuwen van de emissiefactoren. De emissiefactoren voor de jaren 1985-1995 zijn gebaseerd op metingen. Voor de jaren hierna zijn aannames gemaakt wat betreft het effect van de maatregelen. Met nieuwe metingen kunnen nieuwe emissiefactoren voor de recente jaren worden bepaald. Verder zijn er nog maatregelen doorgevoerd wat betreft de typen antifouling die zijn toegestaan. Er mag bijvoorbeeld geen tin meer gebruikt worden. Deze maatregelen hebben ook effect op de emissiefactoren. Deze wijzigingen zouden meer consistent moeten zijn met de berekening van emissies door antifouling.
- De emissieverklarende variabele wordt momenteel uitgedrukt in aantal schepen. Echter, het oppervlak van de schepen is hierbij belangrijk. De EVV kan beter uitgedrukt worden in het oppervlak van de behandelde schepen.
- Vanaf 2003 gingen de TBT houdende coatings in de ban. Deze maatregel moet nog worden meegenomen in de emissiefactoren.
- Emissies bij nieuwbouwwerven worden niet berekend, omdat deze te verwaarlozen zou zijn vergeleken met de reparatiewerven. Echter ook bij nieuwbouwwerven worden roestige nieuwe staalplaten gestraald. Mogelijk is deze emissie toch niet te verwaarlozen.

12 Reacties

Voor vragen naar aanleiding van dit document of opmerkingen kan contact worden opgenomen met Janneke Klein, Deltares 06-30188554, e-mail janneke.klein@deltares.nl

13 Referenties

- [1] CIW/CUWVO werkgroep VI, februari 1997. Handreiking Regionale aanpak diffuse bronnen. Bijlage 1, par 2.2.
- [2] Campen, A.L.B.M. van, Quarles van Ufford, C.H.A., Berbee, R.P.M., Luijten, L.A.M. en Schwartz, M.J.C., 1991. PAK in oppervlaktewater: bronnen en maatregelen. SPEED werkplan PAK. RIVM rapport 736301007. 105 pp.
- [3] Vries, I. de, Los, H., Jansen, R., Cramer, S. en van de Tol, M., 1993. Risico-analyse eutrofiering Noordzee. Rapport DGW-93.029. 89 pp.
- [4] Bakker, V. en Coppoolse, J., november 1992. Rijn- en Noordzeeactieplan tussenstand industriële lozingen 1990, FWVO werkgroep RAP/NAP, notanr. 92.056
- [5] CIW/CUWVO werkgroep VI, april 1991. Waterverontreinigingsproblematiek bij het stralen en conserveren bij scheepswerven voor beroepsvaart en grote jachten.
- [6] Verstappen, G., 1995. Emissies scheepswerven ten behoeve van vullen PROMISE voor WSV (water Systeem Verkenningen). Herziene versie 11-4-1995.
- [7] Slooff, W., Cleven, R.M.F.J., Janus, J.A. en Ros, J.P.M., 1989. Integrated criteria document copper. RIVM report 758474009.
- [8] Molder, R. te, 2007. Notitie ruimtelijke verdeling binnen de emissieregistratie. Een overzicht.
- [9] Most, P.F.J. van der, van Loon, M.M.J., Aulbers, J.A.W. en van Daelen, H.J.A.M., juli 1998. Methoden voor de bepaling van emissies naar lucht en water. Publicatiereeks EmissieRegistratie, nr. 44.