

# **EMS-protocol Emissies door Binnenvaart: Verbrandingsmotoren**

**Versie 5**

**20 november 2018**

Auteurs:

Versie 4

Jan Hulskotte - TNO

Versie 3

Jan Hulskotte - TNO

Ernst Bolt - RWS

Dick Broekhuizen - RWS

---

.....

## Colofon

**Uitgegeven door:** Taakgroep Verkeer en Vervoer (Emissieregistratie)

**Informatie:** Jan Hulskotte  
TNO, afdeling Climate Air and Sustainability

Telefoon: 08886-62043  
Email: [jan.hulskotte@tno.nl](mailto:jan.hulskotte@tno.nl)

**Datum:** 20 november 2018

**Status:** Concept

**Versienummer:** 4

---

## Inhoudsopgave

.....

<b>1</b>	<b>Inleiding en scope</b>	<b>1–1</b>
<b>2</b>	<b>Bijdrage in de totale emissie</b>	<b>2–1</b>
<b>3</b>	<b>Emissiebron</b>	<b>3–1</b>
3.1	Oorzaken	3–1
3.2	Maatregelen	3–1
<b>4</b>	<b>Berekeningswijze</b>	<b>4–1</b>
4.1	Methode	4–1
<b>5</b>	<b>Emissieverklarende variabele</b>	<b>5–1</b>
5.1	Bepaling van emissieverklarende variabele	5–1
5.1.1.	Statistische gegevens	5–1
5.1.2.	Jaarlijkse schattingen	5–1
5.2	Tijdreeks van 1990 tot heden	5–4
5.3	Jaarlijkse bepaling	5–4
<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	Methodiek bepaling emissiefactoren	7–1
7.1.1.	Leeftijdsafhankelijke emissiefactoren	7–1
7.1.2.	Van leeftijdsafhankelijke naar parkafhankelijke emissiefactoren	7–2
7.1.3.	Bepaling brandstofafhankelijke emissiefactoren	7–4
7.2	Tijdreeks 1995 tot 2011	7–5
7.3	Jaarlijkse bepaling	7–7
<b>8</b>	<b>Emissies</b>	<b>8–1</b>
8.1	Nieuwe emissie cijfers	8–1
8.2	Vershil in methodiek	8–1
8.3	Vershil in cijfers	8–2
<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>13</b>	<b>Aanvullende documenten</b>	Error! Bookmark not defined.
<b>14</b>	<b>Referenties</b>	<b>13–1</b>

---

<b>Bijlage A</b>	<b>Energiegebruik hulpvermogen</b>	<b>1</b>
A.1	Ondervraagde schepen	1
A.2	Enquête	1
A.3	Resultaten	3
A.3.1	Vrachtschepen	3
A.3.2	Passagiersschepen	5
A.4	Algemeen:	5

---

# 1

## Inleiding en scope

---

Dit rapport geeft een beschrijving van de methode die wordt gevolgd voor de berekening van de emissies van koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), koolstofmonoxide (CO), stof (PM), vluchtige organische stoffen (VOS) en zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>) door motoren van binnenvaartschepen op Nederlands grondgebied. De resultaten worden jaarlijks gebruikt voor de Nederlandse Emissieregistratie.

In dit protocol wordt onderscheid gemaakt tussen hoofdmotoren en hulpmotoren. Hoofdmotoren zijn bedoeld voor de voortstuwing van het schip. Hulpmotoren zijn nodig voor manoeuvreren (boegschroefmotoren) en het opwekken van elektriciteit voor de bedrijfsvoering en de bedrijfswoning (generatoren).

Geen onderdeel van dit protocol zijn:

- de emissies van personenvervoer, recreatievaart en visserij.
- emissies afkomstig van de lading of andere bronnen dan motoren, emissies van andere stoffen dan boven genoemd.

---

## 2

## Bijdrage in de totale emissie

In tabel 1 staat de bijdrage weergegeven van de binnenscheepvaart (vrachtvervoer) in de nationale emissies en de bijdrage aan de emissies van de sector Verkeer en vervoer.

.....  
**tabel 1** De bijdrage van de binnenscheepvaart (vrachtvervoer) in de totale nationale emissies, (miljoenen kilogram)

Stof	Binnenscheepvaart (vrachtvervoer)	Nationaal totaal	Verkeer en vervoer	Bijdrage Nationaal totaal %	Bijdrage Verkeer en vervoer %
CO <sub>2</sub>	1912.5	187900.0	41710.0	1.0%	4.6%
NO <sub>x</sub>	24.9	355.7	241.4	7.0%	10.3%
PM <sub>10</sub>	0.7	29.2	10.2	2.4%	6.9%
SO <sub>2</sub>	0.0	33.9	6.6	0.1%	0.3%
CO	5.1	618.2	408.0	0.8%	1.2%
NMVOS	1.0	149.6	37.2	0.7%	2.6%

Te zien is dat de relatieve bijdrage van de vooral de stoffen NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> zowel aan het Nationaal totaal als aan Verkeer en vervoer het grootst zijn.

### 3.1 Oorzaken

De voortstuwing van binnenvaartschepen die worden ingezet voor goederen en personentransport over de binnenlandse vaarwegen in Nederland vindt plaats met behulp van dieselmotoren. De verbrandingsprocessen die plaatsvinden in deze dieselmotoren veroorzaken emissies van luchtverontreinigende stoffen. De belangrijkste stoffen die vrijkomen zijn kooldioxide, stikstofoxiden, deeltjes (PM10), koolmonoxide, koolwaterstoffen, en zwaveldioxide. Kooldioxide en zwaveldioxide worden veroorzaakt door de oxidatie van de in de brandstof aanwezige koolstof en zwavel. De emissies van deze stoffen zijn daardoor volledig afhankelijk van de gehalten koolstof en zwavel van de brandstof en de hoeveelheid brandstof die wordt verbrand. Stikstofoxiden worden voornamelijk veroorzaakt door de hoge temperaturen en drukken in de verbrandingsmotoren waardoor de in de lucht aanwezige stikstof zich verbindt met zuurstof. Koolmonoxide, koolwaterstoffen en deeltjes zijn producten van onvolledige verbranding. De emissies van laatstgenoemde stoffen zijn hiermee voornamelijk afhankelijk van de technische eigenschappen van de motoren en de wijze waarop deze motoren worden gebruikt

### 3.2 Maatregelen

De Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) heeft een begin gemaakt met de beperking van de emissies van motoren in binnenvaartschepen[1]. De normen zijn vastgelegd in §8.a van het Rijnschepen Inspectie reglement (RheinSchUO). Met ingang van 1/1/2002 gold dat nieuwe schepen alleen toestemming krijgen om op de Rijn te varen met een motor die gecertificeerd is volgens de zogenaamde fase 1 normen (zie tabel 2). Deze fase 1 normen zijn per 1/7/2007 opgevolgd door scherpere fase 2 normen (zie tabel 2). Gelijktijdig met de fase 2 van de CCR is binnen de EU een typekeuring voor binnenvaartmotoren van kracht geworden. Een verdergaande emissienormstelling zal op termijn door de EU worden uitgevoerd.

.....  
**tabel 2** Door CCR vastgestelde  
 grenswaarden

CCR-fase	Vermogen (kW)	Nox (g/kWh)	Deeltjes (g/kWh)	Koolwater stoffen (g/kWh)	CO (g/kWh)
Fase 1 1/1/2002	37 ≤ Pn < 75	9,2	0,85	1,3	6,5
	75 ≤ Pn < 130	9,2	0,70	1,3	5
	Pn ≥ 130	9,2(n ≥ 2800) 45.n <sup>-0,2</sup> (500 ≤ n < 2800)	0,54	1,3	5
Fase 2 1/7/2007	18 ≤ Pn < 37	8	0,8	1,5	5,5
	37 ≤ Pn < 75	7	0,4	1,3	5,0
	75 ≤ Pn < 130	6	0,3	1	5,0
	130 ≤ Pn < 560	6	0,2	1	3,5
	Pn ≥ 560	6 (n ≥ 3150) 45.n <sup>-0,2</sup> 11 (n < 343)	0,2	1	3,5

n = maximum toerental (omwentelingen/ minuut)

Emissienormen voor voortstuwingsmotoren voor binnenvaartschepen op EU waterwegen (Nonroad Directive 97/68/EC, geamendeerd door 2004/26/EC) zijn eveneens van kracht. De normen en de indeling van de motoren stemt overeen met stage II (Tier 2) van US-EPA Final Rule for inland marine vessels. Echter de invoering loopt twee tot drie jaar achter hierop.

.....  
**tabel 3** Door EU vastgestelde  
 grenswaarden Stage IIIA

Categorie	Cylinder inhoud/Vermogen	HC+NOx	PM	CO	Datum <sup>a</sup>
V1:1	Vh,z < 0.9 l Pn > 37 kW	7,5	0,4	5	2007
V1:2	0.9 l ≤ Vh,z < 1.2 l	7,2	0,3	5	2007
V1:3	1.2 l ≤ Vh,z < 2.5 l	7,2	0,2	5	2007
V1:4	2.5 l ≤ Vh,z < 5.0 l	7,2	0,2	5	2009
V2:1	5.0 l ≤ Vh,z < 15.0 l	7,8	0,27	5	2009
V2:2	15.0 l ≤ Vh,z < 20.0 l Pn < 3300 kW	8,7	0,5	5	2009
V2:3	15.0 l ≤ Vh,z < 20.0 l Pn ≥ 3300 kW	9,8	0,5	5	2009
V2:4	20.0 l ≤ Vh,z < 25.0 l	9,8	0,5	5	2009
V2:5	25.0 l ≤ Vh,z < 30.0 l	11,0	0,5	5	2009

Emissienormen voor voortstuwingsmotoren voor binnenvaartschepen op EU waterwegen (Nonroad Directive 97/68/EC, geamendeerd door 2004/26/EC) zijn eveneens van kracht. De normen en de indeling van de motoren stemt overeen met stage II (Tier 2) van US-EPA Final Rule for inland marine vessels. Echter de invoering loopt twee tot drie jaar achter hierop.



.....

**tabel 4** Door EU vastgestelde  
grenswaarden voor binnenvaartschepen  
Stage V

Categorie	Vermogen (kW)	CO	HC	NOx	PM	Deeltjes- aantal	Datum
IWP/IWA-v/c-1	19 <= P < 75	5.0	4.7		0.3	-	2019
IWP/IWA-v/c-2	75 <= P < 130	5.0	5.4		0.14	-	2019
IWP/IWA-v/c-3	130 <= P < 300	3.5	1.0	2.1	0.1	-	2019
IWP/IWA-v/c-4	P >= 300	3.5	0.19	1.8	0.015	1x10 <sup>12</sup>	2020

Op korte termijn zullen strengere emissiegrenswaarden (stage V) voor binnenvaartschepen van kracht worden (EU, 2016).

---

# 4

## Berekeningswijze



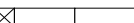
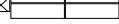

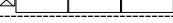






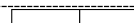
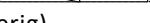
.....

### 4.1 Methode

De berekeningswijze van de emissies vindt plaats door vermenigvuldiging van emissieverklarende variabelen met emissiefactoren. De berekening vindt per basisjaar plaats in twee stappen en wordt per scheepsklasse uitgevoerd. De scheepsklassen (32 in totaal) komen overeen met de indeling die is gegeven in [3] en [6] voor de scheepsklassen M9, M10, M11 en M12.

.....

**tabel 5** Scheepsklassen volgens de  
Rijkswaterstaat indeling

Scheepsklasse	Tonnage- categorie	Type schip/combinatie	
BI	L2	Duwstellen	
BII-1	L2	Duwstellen	
BII-2b	L3	Duwstellen	
BII-2I	L3	Duwstellen	
BII-4	L3	Duwstellen	
BII-6b	L3	Duwstellen	
BII-6I	L3	Duwstellen	
BIIL-1	L3	Duwstellen	
BO1	L1	Duwstellen	
BO2	L1	Duwstellen	
BO3	L1	Duwstellen	
BO4	L1	Duwstellen	
C1b	L1	Koppverband	
C1I	L1	Koppverband	
C2b	L2	Koppverband	
C2I	L2	Koppverband	
C3b	L3	Koppverband	
C3I	L3	Koppverband	
C4	L3	Koppverband	
M0	L1	Motorvrachtschepen	(overig)
M1	L1	Motorvrachtschepen	(Spits)
M2	L1	Motorvrachtschepen	(Kempenaar)
M3	L1	Motorvrachtschepen	(Hagenaar)
M4	L1	Motorvrachtschepen	(Dortmunder)
M5	L2	Motorvrachtschepen	(Verl. Dortmunder)
M6	L2	Motorvrachtschepen	(Rijn-Herne Kan. )
M7	L2	Motorvrachtschepen	(Verlengde RHK)
M8	L3	Motorvrachtschepen	(Groot Rijnschip)
M9	L3	Motorvrachtschepen	
M10	L3	Motorvrachtschepen	(Verlengd Groot Rijnschip)
M11	L3	Motorvrachtschepen	
M12	L3	Motorvrachtschepen	(Rijnmax-schip)

---

De berekening van de emissies is gebaseerd op het energiegebruik per scheepsklasse. Voor alle 32 scheepsklassen is de vermogensvraag (kW) berekend voor de verschillende vaarwegtypen en rivieren. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen beladen en onbeladen schepen. Bij de beladen schepen wordt vanaf het jaar 2009 rekening gehouden met de beladingsgraad.

.....  
**tabel 6** Beladingsgraad per  
laadvermogenklasse van beladen schepen

LVM_Klasse	LVM_omschrijving	Beladingsgraad
CBS_1	21 tot 250 ton	58%
CBS_2	250 tot 400 ton	77%
CBS_3	400 tot 650 ton	79%
CBS_4	650 tot 1 000 ton	80%
CBS_5	1 000 tot 1 500 ton	78%
CBS_6	1 500 tot 2 000 ton	64%
CBS_7	2 000 tot 3 000 ton	66%
CBS_9	3 000 tot 5 000 ton	55%
CBS_10	5 000 ton en meer	43%

Bron: CBS

Daarnaast is de gemiddelde snelheid, die de verschillende scheepsklassen ten opzichte van de het water hebben, vastgesteld in afhankelijkheid van de scheepsklasse en de maximale vaarsnelheid op de route die bevaren wordt. In de berekeningen wordt vanaf het jaar 2009 de gemeten snelheid ten opzichte van water gebruikt die is gemeten met behulp van CBS-data.

De algemene formule voor het berekenen van de emissies is dan de volgende.

Emissie = Aantal . Vermogen . Tijd . Emissiefactor

Specifiek voor 1 scheepsklasse (v,c), al dan niet beladen (b), op iedere afzonderlijke route (r) op de Nederlandse vaarwegen wordt de formule in onderstaand kader gehanteerd voor de berekening van de emissie van stof (s) in 1 richting (d):

Voor de doorrekening van bovenstaande formule is een rekenmodel ontworpen. Dit model staat onder beheer van TNO.

De combinatie van het aantal schepen, hun vermogen en hun vaartijd is de emissieverklarende variabele. De eenheid van de emissieverklarende variabele is "kWh". De emissiefactor wordt uitgedrukt in "g/kWh", dezelfde eenheid waarin emissienormen zijn uitgedrukt.

**Emissie voortstuwingsmotoren =**

*de som over scheepsklassen, beladingstoestanden, routes en richtingen van:*

**{aantal scheepspassages maal**

**gemiddeld gebruikt vermogen maal**

**gemiddelde emissiefactor maal**

**correctiefactor passend bij vermogen maal**

**lengte route gedeeld door vaarsnelheid}**

*ofwel*

$$E_{v,c,b,r,s,d} = N_{v,c,b,r,d} \cdot Pb_{v,b,r} \cdot L_r / (V_{v,r,d} + V_r) \cdot EF_{v,s} \cdot CEF_{v,b,r,s} \quad (1)$$

Waarbij:

$E_{v,c,b,r,s,d}$  = Emissie per scheepsklasse, (kg)

$N_{v,c,b,r,d}$  = Aantal schepen van deze scheepsklasse op de route en deze beladingstoestand gevaren in deze richting

$Pb_{v,b,r}$  = gemiddeld vermogen van deze scheepsklasse op de route (kW)

$EF_{v,s}$  = Gemiddelde emissiefactor van de motoren in deze scheepsklasse (kg/kWh)

$L_r$  = Lengte van de route (km)

$V_{v,r}$  = Snelheid gemiddelde schip in deze scheepsklasse op deze route (km/h)

$V_r$  = Stroomsnelheid van het water op deze route (km/h), (kan ook negatief zijn)

**v,c,b,r,s,d = indices voor respectievelijk scheepsklasse, geaggregeerde laadvermogensklasse, beladingstoestand, route, stof, en vaarrichting**

## 5.1 Bepaling van emissieverklarende variabele

### 5.1.1. Statistische gegevens

De emissieverklarende variabele is de hoeveel verbruikte energie door binnenvaartschepen, uitgedrukt in kWh. Dit energieverbruik wordt bepaald door het aantal vaartuigkilometers (vtgkm) in te voeren in een rekenmodule.

Het aantal vaartuigkilometers per vaartuigklasse is voor het basisjaar 2008 (1995 t/m 2008) en 2016 (2009 t/m 2017) vastgesteld in het BIVAS-model [7] en is gelijk aan de afstand die de schepen gezamenlijk op de verschillende routes op de Nederlandse vaarwegen hebben afgelegd. Het aantal vaartuigkilometers is gelijk aan de somming over alle vaartrajecten van het aantal schepen wat een bepaald traject aflegt maal de lengte van dat traject.

In de rekenmodule wordt het aantal vaartuigkilometers omgerekend naar de energievraag in kWh.

Een toelichting op het model staat beschreven in een aanvullend document van dit emissieprotocol [8]. Het omrekenmodel is in principe niet onderhevig aan jaarlijkse wijzigingen.

In het omrekenmodel worden onder andere de volgende aannamen gedaan:

- Indien de stroomsnelheid gelijk gesteld kan worden aan nul wordt geen onderscheid in vaarrichting gemaakt.
- Voor leegvaart wordt gerekend met aangepaste diepgang.

### 5.1.2. Jaarlijkse schattingen

Schaling van de ontbrekende vervoersgegevens

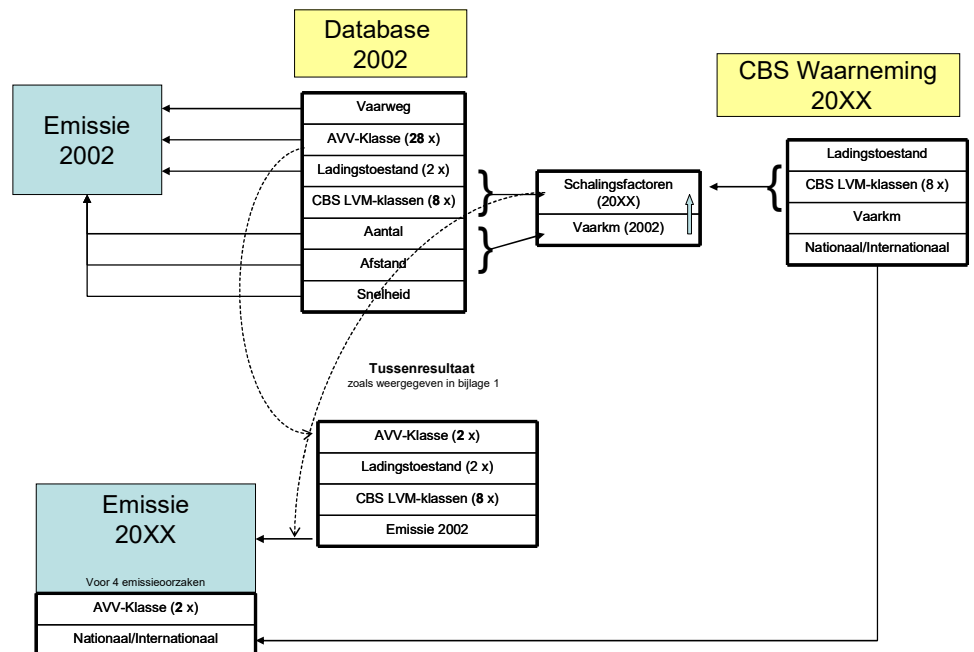
In de praktijk zal een deel van de vaartuigkilometers worden gemist in de tellingen vanuit het IVS-netwerk, namelijk op de trajecten die niet direct te maken hebben met een IVS-telpunt. Om toch op een juist landelijk totaal uit te komen wordt parallel aan vaartuigkilometers voor de scheepsklassen, ook de vaartuigkilometers voor de geaggregeerde laadvermogenklassen (9x) van CBS (tabel 7) berekend. De vaartuigkilometers per geaggregeerde laadvermogenklasse worden gelijk gemaakt met de cijfers die CBS jaarlijks op grond van reisgegevens door per overeenkomstige scheepsklasse de afgelegde kilometers op te hogen. Deze ophoging gebeurt in het zogenaamde "metamodel".

**tabel 7** Indeling van CBS in laadvermogensklassen

LVM_Klasse	LVM_omschrijving	Opmerking
CBS_1	21 tot 250 ton	
CBS_2	250 tot 400 ton	
CBS_3	400 tot 650 ton	
CBS_4	650 tot 1 000 ton	
CBS_5	1 000 tot 1 500 ton	
CBS_6	1 500 tot 2 000 ton	
CBS_7	2 000 tot 3 000 ton	
CBS_8	3000 ton en meer	tot 2007
CBS_9	3 000 tot 5 000 ton	vanaf 2007
CBS_10	5 000 ton en meer	vanaf 2007

De data voor de berekening zoals weergegeven in formule 1 is slechts beschikbaar voor het jaar 2008 en 2016. Voor de jaarlijkse berekening van de emissies van de beroepsbinnenvaart worden de emissies geschaald op grond van CBS-data over het aantal afgelegde vaarkilometers per CBS-scheepsgrootteklasse onderverdeeld naar nationaal en internationaal scheepvaartverkeer. In onderstaande figuur is aangegeven hoe deze schaling van de verkeersprestaties plaatsvindt.

**Figuur 1** Schaling van verkeersprestaties in emissieberekeningen



De schaalfactoren worden per CBS-scheepsgrootteklasse, naar belading en de toedeling van de nationaliteit van het verkeer berekend. De gemiddelde emissiefactoren die in deze berekening voor elk emissiejaar worden toegepast worden berekend zoals is aangegeven in paragraaf 7.1.1.

Ter illustratie staat in tabel 6 de verdeling van het scheepvaartverkeer weergegeven over de verschillende scheepstypen ingedeeld volgens Rijkswaterstaat en de bijbehorende de verkeersprestatie. In deze tabel 6 is te zien dat er in de periode 2008-2016 veel is veranderd aan de bijdrage van de verschillende scheepstypen. De bijdrage van de grotere scheepstypen (M8, M9, M10, M11 en M12) is fors toegenomen is ten koste van de kleinere scheepstypen (M1, M2, M3, M4 en M5).

**tabel 8** Verkeersprestaties van schepen ingedeeld volgens Rijkswaterstaat (basisdata voor energieberekening)

Scheepstype	2016		2008		Verschil	
	Absoluut	Aandeel	Absoluut	Aandeel	Absoluut	Aandeel
M1	0.38	0.8%	1.43	2.4%	-1.05	-1.7%
M2	3.57	7.1%	8.18	13.8%	-4.61	-6.6%
M3	3.68	7.4%	6.10	10.3%	-2.42	-2.9%
M4	3.29	6.6%	5.98	10.1%	-2.69	-3.5%
M5	3.28	6.6%	5.38	9.1%	-2.10	-2.5%
M6	7.96	15.9%	9.05	15.3%	-1.10	0.6%
M7	1.61	3.2%	3.29	5.5%	-1.68	-2.3%
M8	15.04	30.1%	11.13	18.7%	3.91	11.3%
M9	2.68	5.4%	1.17	2.0%	1.51	3.4%
M10	0.86	1.7%	1.79	3.0%	-0.93	-1.3%
M11	1.10	2.2%	-	-	-	-
M12	1.49	3.0%	-	-	-	-
BII-1	1.03	2.1%	1.02	1.7%	0.01	0.3%
C3I	1.30	2.6%	1.14	1.9%	0.16	0.7%
Overige	2.77	5.5%	3.70	6.2%	-0.93	-0.7%
Totaal	50.03	100.0%	59.36	100.0%	-9.33	-15.7%

In tabel 7 is te zien dat de recentere BIVAS-data van verkeersprestaties ten opzichte van CBS-data lager geworden zijn. De schaalfactoren op de emissies zijn met het gebruik van BIVAS-data meer gaan afwijken van een schaalfactor 1. Aangenomen mag worden dat dit de nauwkeurigheid van de emissieberekening niet ten goede komt. Omwille van de consistentie van de emissiereeks wordt echter vastgehouden aan de CBS-data voor de verkeersprestaties.

**tabel 9** Resultaten van opschaling van verkeersprestatie en emissies vanuit EMS-data en vanuit BIVAS-data met behulp van CBS-verkeersprestaties

Jaar	Basisdata	Vaartuig.km voor schaling (miljoen)	Vaartuig.km CBS (miljoen)	Factor op km	CBS Leegvaart %	NO <sub>x</sub> * emissie voor schaling (kton)	NO <sub>x</sub> * emissie na schaling (kton)	Factor op emissie
2002	EMS	57,61	66,88	1,16	37%	19,6	24,0	1,23
2008	BIVAS	59,36	54,84	0,92	27%	21,9	21,3	0,98
2016	BIVAS	50,00	60,31	1,20	27%	19,0	20,6	1,08

\*Zonder bijschatting hulpmotoren

### Hulpmotoren

Het brandstofgebruik als gevolg van de inzet van hulpmotoren wordt op 13 procent van het gebruik door hoofdmotoren geschat (zie Bijlage A: gebruik hulpvermogen binnenvaart). De emissies van de hulpmotoren worden



berekend door een ophoging van 13 procent op het aantal  
 vaartuigkilometers toe te passen.

## 5.2 Tijdreeks van 1990 tot heden

In tabel 8 staat de tijdreeks weergegeven van verkeersprestaties  
 waargenomen door CBS, die de basis vormt van de tijdreeks van de  
 emissieberekening met behulp van de opschaling.

.....  
**tabel 10** CBS-verkeersprestaties  
 per laadvermogensklasse per jaar,  
 (miljoen kilometer)

Jaar	CBS_1	CBS_2	CBS_3	CBS_4	CBS_5	CBS_6	CBS_7	CBS_8	CBS_9	CBS_10	Totaal
1,995	0.45	4.69	7.13	14.42	16.84	4.38	11.78	1.84			61.52
2,000	0.26	3.50	6.81	15.96	20.75	5.61	13.55	2.25			68.71
2,002	0.26	2.88	5.76	14.50	19.52	5.63	15.62	2.71			66.88
2,005	0.57	1.97	4.68	11.82	15.25	4.80	14.85	4.21			58.14
2,006	0.36	1.97	4.00	10.61	14.45	4.66	14.61	4.72			55.39
2,007	0.36	1.95	5.53	9.02	12.24	6.91	14.45		5.30	0.56	56.33
2,008	0.36	1.88	5.25	8.65	11.74	6.51	13.88		5.86	0.71	54.84
2,009	0.31	1.60	4.52	7.78	10.93	6.52	11.24		5.95	0.76	49.62
2,010	0.33	1.40	4.36	7.64	10.66	6.86	13.12		7.12	1.15	52.63
2,011	0.34	1.20	4.20	7.50	10.39	7.20	15.00		8.28	1.55	55.65
2,012	0.39	2.03	5.71	9.85	14.06	8.39	14.62		7.70	0.99	63.74
2,013	0.41	2.00	5.33	8.96	13.35	8.20	14.34		7.92	1.06	61.57
2,014	0.42	1.89	5.13	8.88	13.04	8.14	14.73		8.33	1.18	61.74
2,015	0.42	1.66	4.69	8.10	12.77	8.42	15.29		8.89	1.26	61.50
2,016	0.40	1.50	4.21	7.84	12.48	8.18	15.61		8.82	1.27	60.31
2,017	0.42	1.66	4.69	8.10	12.77	8.65	15.98		9.04	1.22	62.54

## 5.3 Jaarlijkse bepaling

Voor de schaling van de verkeersgegevens is een bestand nodig met  
 emissieverklarende variabelen. Door CBS wordt jaarlijks aan de  
 emissieregistratie een tabel aangeleverd, met gesommeerde  
 vaartuigkilometers door de beroepsvaart op de Nederlandse vaarwegen:

- BasisJaar
- LVMklasse
- Beladingsstand (beladen/beladings% vanaf 2009, leeg)
- Nationaal of Internationale reizen
- GevarenAfstand

---

# 6

## Aard van de emissiebron

.....

De emissiebron heeft het karakter van een lijnbron: emissies vinden plaats langs de vaarwegen. De bronsterkte hangt af van de verkeersintensiteit en in havens kan lokaal een grote bronsterkte (karakter puntbron)

Voor elke scheepsklasse wordt een emissiefactor voor elke stof worden bepaald, uitgedrukt in g/kWh. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt in de techniekafhankelijke emissiefactoren (voor NO<sub>x</sub>, PM, CO en VOS) en de brandstofafhankelijke emissiefactoren (voor CO<sub>2</sub> en SO<sub>2</sub>).

## 7.1 Methodiek bepaling emissiefactoren

### 7.1.1. Leeftijdsafhankelijke emissiefactoren

Het bouwjaar van een motor is een belangrijke parameter die van invloed is op de emissiefactor. Dit heeft te maken met (1) de verandering van de voorkeur voor langzaam- naar snel draaiende motoren en (2) de voortschrijdende vordering van de techniek, waardoor het emissiepatroon van motoren is veranderd.

In TNO-rapport (R2003-437) staat de methodiek beschreven voor de afleiding van leeftijdsafhankelijke emissiefactoren alsmede het gemiddelde specifieke brandstofgebruik van de scheepsmotoren. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel . Voor de stof NO<sub>x</sub> zijn hierin echter wijzigingen aangebracht op grond van TNO-onderzoek [7] waarbij een groot metingen werden uitgevoerd in scheepspluimen. De emissiefactoren van NO<sub>x</sub> voor CCR2-motoren werden gewijzigd ten opzichte van de vorige versie en overgenomen uit [10].

**tabel 11** Emissiefactoren voor dieselmotoren in binnenvaartschepen (g/kWh)

Bouwjaarklasse	Gewichtsklasse	NO <sub>x</sub>	PM	PM <sub>2,5</sub>	CO	VOS <sup>1</sup>	Brandstofgebruik
1900 - 1974	L1 t/m L3	10.8	0.6	0.57	4.5	1.2	235
1975 - 1979	L1 t/m L3	10.6	0.6	0.57	3.7	0.8	230
1980 - 1984	L1 t/m L3	10.4	0.6	0.57	3.1	0.7	225
1985 - 1989	L1 t/m L3	10.1	0.5	0.475	2.6	0.6	220
1990 - 1994	L1 t/m L3	10.1	0.4	0.38	2.2	0.5	220
1995 - 2002	L1 t/m L3	9.4	0.3	0.285	1.8	0.4	205
2003 - 2007 CCR-1	L1 t/m L3	9.2	0.3	0.285	1.5	0.3	200
2008 - 2018 CCR-2	L1 t/m L3	7	0.2	0.19	1.3	0.2	200
2019 - 2019 CCR-2	L2 en L3	7	0.2	0.19	1.3	0.2	200
2019 – 20xx stage V	L1	2.9	0.1	0.09	1	0.2	205
2020 – 20xx stage V	L2 en L3	2.4	0.015	0.0143	0.5	0.2	190

<sup>1</sup> Samenstelling van "VOS" (vluchtige organische stoffen): zie [4]

**tabel 12** Correctiefactoren voor emissiefactoren afhankelijk van motorbelasting (CEF)

Toepassing	<= CCR1	CCR2 / Stage IIIa	IWP/IWA-v/c-3	IWP/IWA-v/c-4	alle klassen			
Stof	NO <sub>x</sub>				Dieselolie, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , metalen	PM <sub>10</sub>	VOS en methaan	CO
Motor-belasting%								
5	1.83	2.02	3.99	4.79	1.25	2.44	8.00	4.00
10	1.34	1.42	2.63	3.07	1.21	1.63	4.46	5.22
15	1.17	1.27	2.12	2.42	1.18	1.32	2.74	3.51
20	1.10	1.19	1.85	2.08	1.15	1.19	2.02	2.66
25	1.06	1.15	1.69	1.88	1.13	1.12	1.65	2.14
30	1.04	1.13	1.58	1.73	1.11	1.08	1.42	1.80
35	1.03	1.11	1.50	1.63	1.09	1.05	1.27	1.56
40	1.02	1.09	1.44	1.56	1.07	1.03	1.16	1.38
45	1.01	1.08	1.39	1.50	1.05	1.01	1.09	1.23
50	1.00	1.07	1.35	1.45	1.04	1.01	1.03	1.12
55	1.00	1.07	1.32	1.41	1.03	1.00	1.00	1.06
60	0.99	1.06	1.29	1.37	1.02	1.00	0.98	1.00
65	0.99	1.06	1.27	1.35	1.01	0.99	0.95	0.94
70	0.98	1.05	1.25	1.32	1.01	0.99	0.92	0.88
75	0.98	1.05	1.24	1.30	1.00	0.98	0.89	0.82
80	0.97	1.05	1.22	1.28	1.00	0.98	0.87	0.76
85	0.97	1.04	1.21	1.27	1.00	0.97	0.84	0.70
90	0.97	1.04	1.20	1.25	1.01	0.97	0.85	0.70
95	0.97	1.04	1.19	1.24	1.02	0.97	0.86	0.70
100	0.97	1.04	1.18	1.23	1.02	0.97	0.87	0.70

De correctiefactoren voor emissiefactoren zijn merendeels overgenomen van de emissieberekening van zeeschepen (4-takt motoren). De correctiefactoren voor NO<sub>x</sub> betreffende CCR2/Stage IIIa, IWP/IWA-v/c-3 en IWP/IWA-v/c-4 zijn voorlopige inschattingen van TNO.

### 7.1.2. emissiefactoren

De gemiddelde emissiefactor wordt bepaald door een verdeling van de scheepsmotoren over de verschillende bouwjaarklassen waaraan emissiefactoren zijn gekoppeld. Deze verdeling wordt berekend middels een Weibull-functie. De algemene vorm van de Weibullfunctie is deze:

$$f(x; k, \lambda) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k}$$

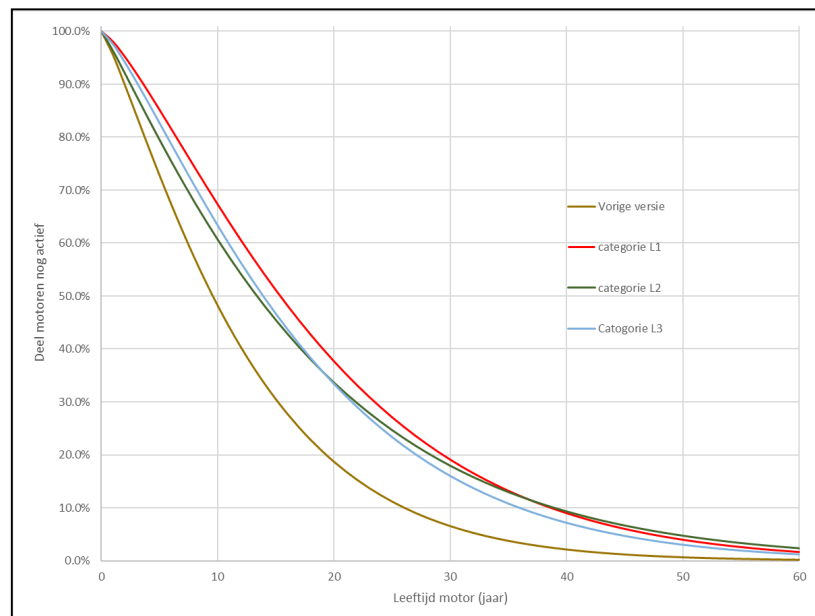
De waarde van de Weibull-parameters ( $\kappa$  en  $\lambda$ ) is afgeleid uit een telefonische steekproef door TNO [7] onder de schippers van 146 varende binnenvaartschepen waarbij gevraagd is naar de leeftijd van het schip en de leeftijd van de scheepsmotor. In de berekeningen is voor de variabele  $x$  in de formule is de leeftijd/10 genomen en is  $x$  gevarieerd tussen 1 en 7. Door middel van een kleinste kwadratenschatting zijn de optimale waarden van  $\kappa$  en  $\lambda$  bepaald op respectievelijk 1,2 en 1,3.

De mediane leeftijd (de leeftijd waarbij 50% vervangen is) is te berekenen met de formule:

$$\lambda \ln(2)^{1/\kappa}$$

De uitkomst moet vervolgens nog met 10 worden vermenigvuldigd omdat  $x$  als leeftijd/10 is ingevoerd in de formule. De mediane leeftijd van de schepen volgens de formule is dan 9,6 jaar. De mediane leeftijd van de motoren in de enquête was 9,0 jaar en de gemiddelde leeftijd was 14,9 jaar.

**Figuur 2** Overlevingsfuncties van scheepsmotoren



Recent is nieuw onderzoek gedaan naar de leeftijd van de scheepsmotoren waaruit bleek dat de levensduur van de motoren langer is dan eerder werd berekend. In Figuur 1 staan de nieuwe functies weergegeven voor de drie gewichtsklassen (L1, L2 en L3) alsmede de overlevingsfunctie die in de vorige versie van het emissiemodel werd gebruikt. De leeftijd waarbij de helft van de motoren was vervangen was 9,6 jaar en is nu rond de 15 jaar. Na 30 jaar is nog 15 tot 20% van de motoren in gebruik volgens de nieuwe functies. In de vorige versie van het model was ongeveer 7,5%.

**tabel 13** Koolstofgehalte en zwavelgehalte van gasolie

Motorvervangingsprofiel	Lambda_i	Kappa_i	Mediane_levensduur (jaar)
L1	20.4	1.30	15.4
L2	18.5	1.12	13.4

L3	18.6	1.26	13.9
M (eerder profiel)	13.0	1.2	9.6

De data waarop de functies zijn gebaseerd is een combinatie van gegevens. De gegevens betreffen een selectie van het IVR schepen-bestand [12]. Alleen schepen die nog in gebruik waren (omdat deze schepen over AIS-beschikten) op de datum dat het bestand werd uitgegeven werden geselecteerd.

### 7.1.3. Bepaling brandstofafhankelijke emissiefactoren

De emissiefactoren (in kg/kWh) voor koolstofdioxide en zwaveldioxide zijn eenvoudig te berekenen door de brandstofafhankelijke emissiefactor (in g/kg) te vermenigvuldigen met het gemiddelde brandstofverbruik (in kg/kWh). Bij de berekening van de brandstofafhankelijke emissiefactoren wordt gebruik gemaakt van het koolstofgehalte en het zwavelgehalte van de brandstof (in dit geval gasolie).

.....  
**tabel 14** Koolstofgehalte en  
 zwavelgehalte van gasolie

Component	Jaren	Gehalte (g/kg)	Stoichiometrische factor
Koolstof	1990 en later	865,4	44/12
Zwavel	1990 t/m 2007	1,7	2
	2008 t/m 2009	1,0	
	2010	0,5	
	2011 en later	0,01	

De emissiefactoren (zie tabel ) kunnen worden berekend door het specifieke brandstofgebruik per scheepsklasse te vermenigvuldigen met het gehalte en de stoichiometrische factoren uit tabel . De stoichiometrische factoren hebben betrekking op de omzetting van koolstof en zwavel naar respectievelijk koolstofdioxide en zwaveldioxide.

.....  
**tabel 15** Emissiefactoren voor CO<sub>2</sub> en SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> en N<sub>2</sub>O in g/kg brandstof

Component	Jaren	Emissie (g/kg)
CO <sub>2</sub>	1990 - nu	3173
SO <sub>2</sub>	1990 t/m 2007	3,4
	2008 t/m 2009	2,0
	2010	1,0
	2011 en later	0,02
	NH <sub>3</sub>	1990 - nu
N <sub>2</sub> O	1990 - nu	0,08

Invloed van zwavelgehalte op de PM-emissiefactor

De invloed van een lager zwavelgehalte in de dieselbrandstof wordt met behulp van onderstaande formule [9] in de emissiefactoren van PM<sub>10</sub> verrekend:

$$EF_{PM}(S) = EF_{PM}(Ref) + 0.157 * FC * (S - Ref) / 1\ 000\ 000$$

Waarbij:

**EF<sub>PM</sub> (S)** = Emissiefactor van PM bij het actuele zwavelgehalte

**EF<sub>PM</sub> (Ref)** = Emissiefactor van PM bij het referentie zwavelgehalte

**Ref** = het referentie zwavelgehalte (voor rode diesel 1700 mg/kg en voor EN590 50 mg/kg)

**S** = actuele zwavelgehalte in mg/kg

**FC** = Het specifieke brandstofgebruik van de motor in g/kWh

## 7.2 Tijdsreeks 1995 tot 2008

In tabel 12 staan de middels het in paragraaf 7.1.2 beschreven Weibull-model berekende jaargemiddelde park-gewogen emissiefactoren weergegeven, die worden toegepast in de emissieberekeningen op alle scheepstypen.

.....  
**tabel 16** Jaargemiddelde parkemissiefactoren, (g/kWh)

Jaar	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	VOS	SO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>
1995	10,3	0,52	713,6	3,07	0,73	0,76	0,0180	0,00225
1996	10,3	0,51	709,8	2,98	0,71	0,76	0,0179	0,00224
1997	10,2	0,49	705,9	2,89	0,68	0,76	0,0178	0,00222
1998	10,2	0,48	702,0	2,81	0,66	0,75	0,0177	0,00221
1999	10,1	0,46	698,2	2,73	0,64	0,75	0,0176	0,00220
2000	10,1	0,45	694,7	2,65	0,62	0,74	0,0175	0,00219
2001	10,0	0,44	691,3	2,58	0,60	0,74	0,0174	0,00218
2002	10,0	0,43	688,0	2,52	0,59	0,74	0,0173	0,00217
2003	9,9	0,42	684,2	2,44	0,57	0,73	0,0173	0,00216
2004	9,9	0,41	680,5	2,37	0,55	0,73	0,0172	0,00214
2005	9,8	0,40	677,0	2,30	0,53	0,73	0,0171	0,00213
2006	9,8	0,39	673,7	2,24	0,51	0,72	0,0170	0,00212

2007	9,7	0,38	670,5	2,18	0,49	0,72	0,0169	0,00211
2008	9,7	0,35	667,6	2,13	0,48	0,42	0,0168	0,00210

### 7.3 Tijdreeks 2009 tot 2017

In tabel 12 staan de middels het in paragraaf 7.1.2 beschreven Weibull-model berekende jaargemiddelde park-gewogen emissiefactoren weergegeven, die worden toegepast in de emissieberekeningen op alle scheepstypen vanaf het registratiejaar 2009. Deze parkemissiefactoren worden gecorrigeerd voor de motorbelasting die optreedt ten gevolge van de snelheid en de belading van de schepen op een bepaald vaartraject.

.....  
**tabel 17** Jaargemiddelde parkemissiefactoren bij 100 procent motorbelasting, (g/kWh)

Jaar	Tonnagecategorie	Nox	PM	CO2	CO	VOS	SO2	N2O	NH3
2009	L1	9.5	0.38	696.0	1.73	0.50	0.439	0.0176	0.0022
2009	L2	9.5	0.37	691.8	1.68	0.48	0.436	0.0174	0.0022
2009	L3	9.5	0.37	691.9	1.66	0.47	0.436	0.0174	0.0022
2010	L1	9.5	0.36	693.3	1.69	0.48	0.219	0.0175	0.0022
2010	L2	9.4	0.34	689.3	1.64	0.46	0.217	0.0174	0.0022
2010	L3	9.4	0.34	689.1	1.62	0.46	0.217	0.0174	0.0022
2011	L1	9.4	0.33	690.6	1.65	0.47	0.004	0.0174	0.0022
2011	L2	9.2	0.32	686.9	1.59	0.45	0.004	0.0173	0.0022
2011	L3	9.3	0.32	686.5	1.57	0.44	0.004	0.0173	0.0022
2012	L1	9.3	0.32	688.1	1.60	0.45	0.004	0.0174	0.0022
2012	L2	9.1	0.31	684.6	1.56	0.43	0.004	0.0173	0.0022
2012	L3	9.2	0.31	684.0	1.53	0.42	0.004	0.0172	0.0022
2013	L1	9.2	0.31	685.7	1.56	0.43	0.004	0.0173	0.0022
2013	L2	9.0	0.30	682.4	1.52	0.42	0.004	0.0172	0.0022
2013	L3	9.1	0.30	681.7	1.49	0.41	0.004	0.0172	0.0021
2014	L1	9.1	0.30	683.4	1.52	0.42	0.004	0.0172	0.0022
2014	L2	9.0	0.29	680.3	1.48	0.40	0.004	0.0172	0.0021
2014	L3	9.0	0.29	679.4	1.46	0.39	0.004	0.0171	0.0021
2015	L1	9.0	0.29	681.2	1.49	0.41	0.004	0.0172	0.0021
2015	L2	8.9	0.28	678.4	1.45	0.39	0.004	0.0171	0.0021
2015	L3	8.9	0.28	677.3	1.42	0.38	0.004	0.0171	0.0021
2016	L1	8.9	0.29	679.1	1.45	0.39	0.004	0.0171	0.0021
2016	L2	8.8	0.27	676.5	1.42	0.38	0.004	0.0171	0.0021
2016	L3	8.8	0.27	675.3	1.39	0.37	0.004	0.0170	0.0021
2017	L1	8.8	0.28	677.1	1.42	0.38	0.004	0.0171	0.0021
2017	L2	8.7	0.27	674.8	1.39	0.37	0.004	0.0170	0.0021
2017	L3	8.7	0.26	673.4	1.36	0.36	0.004	0.0170	0.0021

De emissiefactoren die optreden bij 25 procent motorbelasting zijn typisch voor de periode na 2008 toen de snelheden van binnenschepen werden verlaagd om brandstof te besparen.



.....

**tabel 18** Jaargemiddelde  
parkemissiefactoren bij 25 procent  
motorbelasting, (g/kWh)

Jaar	Tonnagecategorie	Nox	PM	CO2	CO	VOS	SO2	N2O	NH3
2009	L1	10.4	0.44	771.1	5.30	0.95	0.486	0.0194	0.0024
2009	L2	10.3	0.43	766.4	5.13	0.91	0.483	0.0193	0.0024
2009	L3	10.4	0.43	766.5	5.08	0.90	0.483	0.0193	0.0024
2010	L1	10.3	0.41	768.0	5.16	0.91	0.242	0.0194	0.0024
2010	L2	10.2	0.40	763.6	5.00	0.88	0.241	0.0193	0.0024
2010	L3	10.3	0.40	763.5	4.95	0.87	0.241	0.0193	0.0024
2011	L1	10.2	0.38	765.1	5.03	0.88	0.005	0.0193	0.0024
2011	L2	10.1	0.37	760.9	4.87	0.85	0.005	0.0192	0.0024
2011	L3	10.2	0.37	760.6	4.81	0.84	0.005	0.0192	0.0024
2012	L1	10.2	0.37	762.3	4.90	0.85	0.005	0.0192	0.0024
2012	L2	10.0	0.36	758.4	4.75	0.82	0.005	0.0191	0.0024
2012	L3	10.1	0.36	757.8	4.69	0.81	0.005	0.0191	0.0024
2013	L1	10.1	0.36	759.6	4.78	0.82	0.005	0.0192	0.0024
2013	L2	9.9	0.34	756.0	4.64	0.79	0.005	0.0191	0.0024
2013	L3	9.9	0.34	755.2	4.57	0.78	0.005	0.0190	0.0024
2014	L1	10.0	0.35	757.1	4.66	0.80	0.005	0.0191	0.0024
2014	L2	9.8	0.33	753.7	4.53	0.77	0.005	0.0190	0.0024
2014	L3	9.8	0.33	752.7	4.45	0.75	0.005	0.0190	0.0024
2015	L1	9.9	0.34	754.6	4.55	0.77	0.005	0.0190	0.0024
2015	L2	9.7	0.33	751.5	4.43	0.74	0.005	0.0190	0.0024
2015	L3	9.7	0.32	750.3	4.34	0.72	0.005	0.0189	0.0024
2016	L1	9.8	0.33	752.3	4.44	0.74	0.005	0.0190	0.0024
2016	L2	9.6	0.32	749.5	4.33	0.72	0.005	0.0189	0.0024
2016	L3	9.7	0.31	748.1	4.24	0.70	0.005	0.0189	0.0024
2017	L1	9.7	0.32	750.1	4.33	0.72	0.005	0.0189	0.0024
2017	L2	9.5	0.31	747.5	4.24	0.69	0.005	0.0188	0.0024
2017	L3	9.6	0.30	746.0	4.14	0.67	0.005	0.0188	0.0024

## 7.4 Jaarlijkse bepaling

Geadviseerd wordt om minimaal eens per vijf jaar een actualisatie van emissiefactoren uit te laten voeren. Hierbij dient zoveel mogelijk gebruik te worden gemaakt van recente meetrappen. De afhankelijkheid van de emissiefactoren van de actuele motorbelasting is daarbij een belangrijk aandachtspunt. De in dit protocol geïntroduceerde correctiefactoren (voor onder meer NO<sub>x</sub>) zijn slechts als voorlopige schattingen te beschouwen.

### 8.1 Nieuwe emissie cijfers

Hieronder worden de emissies gepresenteerd voor hoofdmotoren en hulpmotoren (tabel 13). De tabellen zijn berekend volgens de werkwijze van het protocol.

**tabel 19** Emissies op Nederlands grondgebied door hoofd en hulpmotoren van binnenvaartschepen, miljoen kilogram

Jaar	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	VOS	SO <sub>2</sub>
1995	23.4	1.17	1612	6.94	1.65	1.73
2000	26.0	1.17	1797	6.86	1.61	1.93
2002	26.3	1.13	1813	6.64	1.54	1.94
2003	27.1	1.14	1871	6.68	1.55	2.00
2004	25.1	1.04	1734	6.05	1.39	1.86
2005	24.1	0.98	1666	5.67	1.30	1.79
2006	23.6	0.94	1630	5.42	1.23	1.75
2007	24.0	0.95	1658	5.39	1.22	1.78
2008	23.8	0.87	1640	5.22	1.17	1.03
2009	19.0	0.76	1361	4.98	1.20	0.86
2010	20.5	0.77	1477	5.41	1.27	0.47
2011	22.0	0.77	1594	5.81	1.34	0.010
2012	23.9	0.82	1741	5.95	1.39	0.011
2013	23.2	0.78	1705	5.71	1.32	0.011
2014	23.5	0.77	1737	5.70	1.30	0.011
2015	23.7	0.77	1771	5.69	1.28	0.011
2016	23.3	0.74	1748	5.51	1.23	0.011
2017	23.7	0.74	1795	5.54	1.22	0.011

### 8.2 Verschil in methodiek

Ten opzichte van het vorige protocol zijn een aantal wijzigingen in de methodiek aangebracht. Bij de berekening van het vermogen wordt vanaf 2009 rekening gehouden met verschil in diepgang als gevolg van deelbelading van de schepen. Verder zijn vrij recent snelheden van binnenschepen beschikbaar uit AIS-data. Met behulp van het Bolt-model is het mogelijk om voor elk afzonderlijk scheepstype per BIVAS-traject (per BIVAS-arcID) het vermogen te berekenen. Omdat emissiefactoren bij lagere motorbelasting sterk kunnen oplopen zijn in het emissiemodel (net als bij zeevaart) correctiefactoren op de emissiefactoren gerelateerd aan de motorbelasting ingevoerd. De toepassing van deze correctiefactoren vindt

plaats op elke combinatie van scheepstype en BIVAS-traject afhankelijk van de berekende motorbelasting.

Verder is er opnieuw gekeken naar de levensduur van de scheepsmotoren omdat er signalen werden ontvangen dat de levensduur van de motoren in de vorige versie van het model te kort is ingeschat. Dit heeft geleid tot een bijstelling van de (Weibull-)parameters waarmee het profiel van de leeftijd van de schepen wordt berekend.

Het ingangsjaar van CCR1 en van CCR2 is in het model 1 jaar later gezet (respectievelijk 2003 en 2008).

De basis NOx-emissiefactor van CCR2 verhoogd van 6 naar 7 g/kWh.

Bij de berekening van de emissies voor de periode 1995 t/m 2008 wordt gebruik gemaakt van de BIVAS-verkeerssamenstelling van het jaar 2008. Bij de berekening van de emissies voor de periode 2009 t/m 2017 wordt gebruik gemaakt van de BIVAS-verkeerssamenstelling van het jaar 2016. De gemeten snelheden uit AIS-data zijn afkomstig van de vasteland receivers van Rijkswaterstaat van de maand juli 2015. Toepassing van deze snelheden op de jaren voor 2009 werd niet opportuun geacht gezien de wijzigingen die in 2009 en daarna zijn opgetreden. De snelheden van 1995 tot en met 2008 zijn gekalibreerd op het energiegebruik zoals aangeleverd met het BIVAS-bestand 2008.

### 8.3 Verschil in cijfers

In tabel 14 wordt de som van de emissies van hoofdmotoren en hulpmotoren, berekend met de oude en nieuwe methodiek (wijzigingen op emissiefactoren) met elkaar vergeleken.

.....

**tabel 20** Emissies 2009 en 2017 volgens de EMS-versie van 2012 en het actuele model, miljoen kg

Jaar	Methode	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	VOS	SO <sub>2</sub>
2009	oud	21,4	0,77	1498	4,65	1,03	0,95
	nieuw	19,0	0,76	1361	4,98	1,20	0,86
	Verschil%	-11,2%	-1,1%	-9,2%	+7,1%	+16,0%	-9,2%
2017	oud	25,3	0,70	1961	5,10	1,01	0,012
	nieuw	23,7	0,74	1795	5,54	1,22	0,011
	Verschil%	-6,3%	+4,9%	-8,5%	+7,9%	+20,1%	-8,5%

In tabel 14 is te zien dat de veranderingen zowel afnames als toenames bevat. De afnames van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> houden verband met de lagere belasting van de motoren als gevolg van het verrekenen van varen met gedeeltelijke belading. De verhogingen van PM<sub>10</sub>, CO en VOS houden zowel verband met het rekenen met hogere leeftijd van de scheepsmotoren als met het varen in deellast.

De onzekerheden van de verschillende onderdelen van de emissieberekening kunnen worden uitgedrukt in de classificatiesystematiek die wordt gebruikt in de publicatiereeks Emissieregistratie [3]. 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.

**tabel 21** Kwaliteit parameters

Onderdeel	Parameter	Classificatie
<b>emissieberekening</b>		
Emissieverklarende variabele	Aantal vaartuigkilometers onderverdeeld naar kenmerken	B
	Vermogensvraagberekening	C
Emissiefactoren	CO <sub>2</sub>	A
	Zwavel dioxide	A
	NO <sub>x</sub>	B
	CO	C
	Koolwaterstoffen	C
	PM	D

.....

**10.1 Zwakke punten**

- De module voor de berekening van het energieverbruik van de schepen waarop de emissies zijn gebaseerd is tijdens het EMS-onderzoek slechts globaal gevalideerd. Hierdoor blijft de nauwkeurigheid van de einduitkomsten onzeker.
- De opbouw van de invoertabel met de emissieverklarende variabele voor met name de vaarbewegingen op verschillende vaarwegen is gebaseerd op de uitkomsten van het BIVAS-model. Hoewel dit een verbetering is ten opzichte van de schattingen in het EMS-model blijft er onzekerheid kleven aan de modelberekening van de omvang van het scheepvaartverkeer op de verschillende vaarwegen.
- Ten slotte zijn de emissiefactoren voor PM<sub>10</sub> voornamelijk gebaseerd op schattingen van deskundigen omdat er nog steeds weinig (praktijk)metingen zijn gepubliceerd.

**10.2 Belangrijkste verbeterpunten**

- De berekening van het energieverbruik van de schepen zou kwantitatief gevalideerd dienen te worden met behulp van veel recentere praktijkgegevens.
- Het verdient sterke aanbeveling om zowel de omvang als de snelheid van het scheepvaartverkeer te monitoren op basis van waarnemingen die in AIS-data worden vastgelegd.
- Het verdient aanbeveling om de belading van de schepen systematisch te monitoren en in de jaarlijkse emissieberekening op te nemen.
- Het verdient aanbeveling om de emissiefactoren van PM te valideren met behulp van een voldoende aantal kwalitatief goede walmetingen.
- Temporele variatie speelt momenteel nauwelijks een rol bij de vaststelling van emissiegegevens. De grote variatie in waterstanden die in 2018 is opgetreden welke een grote rol speelt bij het energieverbruik van de binnenvaart rechtvaardigt echter veel meer aandacht voor dit fenomeen.



.....

Als invoer is hiervoor de export gebruikt van het BIVAS-model van Rijkswaterstaat (emissie\_2016\_v44.csv). De rekenkern van BIVAS-model was gelijk aan de vorige versie van het hier gepresenteerd rekenmodel (zie hiervoor de modeldocumentatie <http://bivas.chartasoftware.com/Article/332>).

Het reizenbestand van schepen in het BIVAS-model is een geactualiseerd bestand dat de verkeerssituatie met betrekking tot vrachtverkeer in 2016 op de Nederlandse vaarwegen beschrijft. De export van het BIVAS-model bevat de hoeveelheid energie benodigd voor voortstuwing uitgedrukt in kWh per stukje vaarweg (Vaarweg\_Id) uit het NWB (bevat tevens vaarwegen), per EMS-scheepstype met een onderverdeling naar beladen en onbeladen schepen.

De export van het BIVAS-model is direct omgerekend naar emissie-oorzaken die in Emissieregistratie worden gebruikt. Voor de verdeling van de emissies in Emissieregistratie wordt de hoeveelheid primaire energie per emissie-oorzaak per stukje vaarweg als maat voor de relatieve verdeling genomen.

- 
- [1] Centrale Commissie voor de Rijnvaart, NAJAARSZITTING 2003 [AANGENOMEN BESLUITEN de bijlagen inbegrepen](#) (2003-II), Straatburg 26 en 27 november 2003
- [2] CBS en AVV, Nederland en de scheepvaart op de binnenwateren, 2001
- [3] Bolt E., Nieuwe klasse-indeling van de huidige actieve binnenvaartvloot, versie 1, 15 november 2003
- [4] Klein J. et al., [Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands](#), Task Force on Transportation of the Dutch Pollutant Release and Transfer Register, April 2012
- [5] Oonk et al., Methodiek voor afleiding van emissiefactoren van binnenvaartschepen, TNO-MEP R2003/437 versie 2, 1 oktober 2003
- [6] Hove D. ten, [Scheepskarakteristieken van nieuwe grote schepen](#), MARIN rapportnr. 24032.600/2, 10 februari 2010
- [7] Duyzer J., Westrate H., Hensen A., Kraai A., Onderzoek naar emissiefactoren voor fijnstof en stikstofoxiden voor de binnenscheepvaart (Eindrapport), TNO-rapport 2007-A-R0791/B, juli 2007
- [8] Bolt E., [Schatting energiegebruik van binnenvaartschepen](#) versie 3, 22 oktober 2003
- [9] EPA, Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling-Compression-Ignition, EPA420-P-04-009 NR-009c, April 2004
- [10] W. Knörr, C. Heidt, M. Schmied, B. Notter, Aktualisierung der Emissionsberechnung für die Binnenschifffahrt und Übertragung der Daten in TREMOD (Endbericht), 30 November 2013
- [11] EU, VERORDENING (EU) 2016/1628 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 14 september 2016 inzake voorschriften met betrekking tot emissiegrenswaarden voor verontreinigende gassen en deeltjes en typegoedkeuring voor in niet voor de weg bestemde mobiele machines gemonteerde



---

interne verbrandingsmotoren, Publicatieblad van de Europese Unie, L 252/53, 16 september 2016

---

## Bijlage A    Energiegebruik hulpvermogen

.....

Door middel van een telefonische enquête is het gebruik van hulpvermogen in de vorm van generatoren, boegschroeven en eventuele andere werktuigen in de binnenvaart geïnventariseerd. Hoewel er gezien het relatief kleine aantal ondervraagden geen sprake kan zijn van een representatieve steekproef, is wel gepoogd om van verschillende scheepstypen en scheepsklassen enkele vertegenwoordigers te ondervragen. Daarnaast zijn echter nog verschillen in bedrijfsvorm, vaargebied, dag- of (semi)continuvaart die invloed op de gevraagde zaken kunnen hebben.

### A.1    Ondervraagde schepen

In totaal zijn 96 vrachtschepen en 13 passagiersschepen geënquêteerd.

Voor de vrachtschepen waren 13 vragen met subvragen opgesteld en voor de passagiersschepen 12 vragen met subvragen. Zie bijlage 1 en 2.

Een verdeling naar AVV klassen geeft onderstaande tabel.

AVV klasse	tank-schepen	vracht-schepen	Pass.schepen	Totaal
M7 + M8 (L>86 m)	5	13	10	33
M6	4	17	3	25
M3 + M4 + M5	3	25		25
M1 + M2	4	21		25
M0		2 (w.v. 1 duwstel)		1
Totaal		96	13	109

### A.2    Enquête

De enquête is zodanig opgezet dat, naast de hoofdafmetingen, scheepstype en voortstuwingsvermogen, een goed beeld van de manier waarop het schip gebruikt wordt gevormd kan worden. De vragen betreffen daarom ook het vaargebied, de vaartvorm (continu, semi-continu of dagvaart) en het aantal personen aan boord. De vragenlijst is als bijlage bijgevoegd.

Sommige vragen blijken (zoals te verwachten) moeilijk te beantwoorden te zijn. Genoemde getallen zijn vaak vrij ruwe

---

schattingen 'uit het blote hoofd' en soms waagt een ondervraagde zich zelfs daar niet aan.

De medewerking van de schippers om aan de enquête deel te nemen was voortreffelijk. Drie schippers weigerden om mee te doen. Een aantal schippers van schepen die reeds over de grens naar het buitenland waren vonden de telefoonkosten een bezwaar. Als het schip weer in Nederland kwam zouden ze wel meedoen.

Voor enkele vragen zijn nog algemene opmerkingen te maken:

**Vraag 5 : Welk bouwjaar.**

Als een gedeelte van het schip verlengd of vernieuwd is worden er meerdere jaartallen genoemd.

Dit geldt ook voor de twee hoofdmotoren.

**Vraag 7 : Welk vaargebied heeft het schip voornamelijk.**

Bij veel schepen zijn meerdere mogelijkheden aangevinkt.

Waarom Rijn/Duitsland en Schelde Rijn verbinding uit de grote vaarwegen gelicht zijn is niet geheel duidelijk.

**Vraag 8 : Welke accommodatie heeft het schip.**

Hierin is vermeld welke personen voornamelijk permanent aan boord zijn.

Vaak zijn er wel meer slaappleatsen maar die worden niet benut.

**Vraag 9 : Wat is het totale vermogen van de hoofdmotoren.**

Het aantal draaiuren en totaal brandstofverbruik worden geschat.

Bij brandstofverbruik wordt veelal ton/jaar genoemd. Hier wordt 1000 m<sup>3</sup>/jaar bedoeld.

Het totale brandstofverbruik is veel incl. het verbruik van de hulpmotoren.

Bij motor vermogen gebruiken de schippers meestal nog PK i.p.v. kW.

**Vraag 10 : Welk type hulpmotoren zijn aanwezig.**

De geschatte draaiuren en brandstofverbruik zijn moeilijk op te geven.

Bij meerdere generatoren staat een generator te draaien en de andere(n) zijn reserve. Ook wel wordt dan de een en dan de ander ingeschakeld.

Bij tankschepen komt het voor dat de lading/los pompen via de hoofdmotor worden aangedreven (niet elektrisch). Of dat een koppeling met de hulpmotor van de boegschroef wordt gemaakt. De gemaakte opmerkingen worden in de tekstblokken aangegeven.

**Vraag 11 : Worden de hoofdmotoren gebruikt voor de aandrijving van : ?**

Komt haast niet voor.

**Vraag 12 : Roeren**

Veel schippers weten niet exact wat voor type roer ze hebben en wat de uitslag is.

**Vraag 13 : Vaarsnelheid**

Attentie : De snelheden zijn niet t.o.v. de water maar t.o.v. de grond.

Het brandstofverbruik per uur wordt veelal echt geschat. Dit geldt vooral voor de oudere en kleinere schepen.

### Opmerkingen bij de (afwijkende) vragenlijst van de passagiersschepen.

#### Vraag10 : Walstroom

Vaak wordt een paar keer per reis op walstroom aangesloten. De verbruikte walstroom is onbekend of sterk geschat.

#### Vraag 12 : Vaarsnelheid

Als vaarsnelheid is alleen de vaarsnelheid op stilstand water ingevuld.

De vragen over vaarsnelheden hebben niet betrekking op hulpvermogengebruik, maar dienen ter beeldvorming en ondersteuning van de voortstuwingsberekeningen.

## A.3 Resultaten

### A.3.1 Vrachtschepen

In de navolgende tabel zijn de gemiddelde waarden van de gegeven getallen vermeld, allen herleid tot de aangegeven eenheden.

AVV-klasse	scheepstype	aantal	boegschroef vermogen	boegschroef draaiuren	generator- draaiuren	generator- brandstof	brandstof totaal
			kW	u/jaar	u/jaar	m3/ jaar	m3/ jaar
	containerschip	1	707		8760	29	
	motorvrachtschip	1	0		1560		150
M0	duwstel	1	0		100	0	40
M0	motorvrachtschip	1	0		4380	13	190
M1	motorschip met bak(ken)	1	0		840	1	50
M1	motorvrachtschip	5	43	72	648	2	26
M2	motortankschip	4	56	263	5651	15	125
M2	motorvrachtschip	15	135	485	2398	4	70
M3	motorvrachtschip	9	120	185	2178	5	63
M4	motortankschip	1	116	208	8760	51	485
M4	motorvrachtschip	9	165	314	4742	11	142
M5	motortankschip	2	791	568	8760	15	555
M5	motorvrachtschip	7	189	333	4545	16	144
M6	motorschip met bak(ken)	3	420	1048	7543	31	643

boegschroef- energie- verbruik	brandstof boegschroef gemiddeld	Generator- vermogen	brandstof (bs + gen) tov voorstst.
1)	2)	3)	4)
kWu/jaar	ton/jaar	kW	%
		9	
		0	0%
		4	7%
		0	1%
1556	0	1	10%
7342	2	5	16%
32666	8	1	24%
11079	3	2	16%
12094	3	16	13%
25959	6	3	14%
224701	52	5	16%
31534	7	5	21%
219898	51	10	17%

M6	motortankschip	4	208	287	8760	16	476	29837	7	5	5%
M6	motorvrachtschip	14	244	338	6629	14	226	41270	9	4	13%
M7	motorvrachtschip	1	258	624	7300	18	220	80371	18	6	22%
M8	containerschip	2	431	965	8760	65	530	415490	96	21	51%
M8	motorschip met bak(ken)	1	331	400	8760	26	309	132480	30	8	25%
M8	motortankschip	5	290	832	8308	39	621	241151	55	12	21%
M8	motorvrachtschip	9	306	541	7386	26	409	165740	38	8	21%

**geen onderscheid naar type**

AVV-klasse	scheepstype	aantal	boegschroefvermogen	boegschroefdraaiuren	generator-draaiuren	generator-brandstof	brandstofvoortstuwing
		2	353		5160	29	150
M0	alle	2	0		2240	7	115
M1	alle	6	36	72	686	2	30
M2	alle	19	118	458	3121	6	81
M3	alle	9	120	185	2178	5	63
M4	alle	10	160	304	5144	16	176
M5	alle	9	323	386	5482	15	247
M6	alle	21	263	430	7166	17	333
M7	alle	1	258	624	7300	18	220
M8	alle	17	318	668	7899	34	471

boegschroefvermogen	brandstofboegschroef	generatorvermogen	brandstof (bs + gen) tov voortst.
		9	24%
		2	6%
1297	0	1	7%
27003	6	2	19%
11079	3	2	16%
24339	6	5	15%
62256	14	5	15%
56376	13	5	11%
80371	18	6	22%
106095	24	11	16%

**alle schepen**

AVV-klasse	scheepstype	aantal	boegschroefvermogen	boegschroefdraaiuren	generator-draaiuren	generator-brandstof	brandstofvoortstuwing
alle	alle	96	208	427	5179	14	228

boegschroefvermogen	brandstofboegschroef	generatorvermogen	brandstof (bs + gen) tov voortst.
44292	10	5	13%

- 1) berekend als boegschroefvermogen \* boegschroef-uren per jaar \* 50% gemiddeld ingezet vermogen
- 2) berekend op basis van specifiek verbruik 230g/kWh en soortelijke massa 830 kg/m<sup>3</sup>
- 3) gemiddeld gevraagd generatorvermogen tijdens generatoruren, teruggerekend uit generator-brandstofverbruik op basis van 300g/kVA
- 4) toeslag verbruik voor hulpvermogen op brandstofverbruik voor voortstuwing op basis van soortelijke massa 830 kg/m<sup>3</sup>

De tabel bevat (detail)resultaten die niet erg waarschijnlijk zijn. Voor een deel komt dat door de omrekening per jaar, waardoor ogenschijnlijk kleine inschattingfouten opgeblazen kunnen worden. Waarschijnlijk is echter dat veel ondervraagden, zoals ze vaak zelf ook al aangaven, er echt een slag naar hebben geslagen en daarbij wellicht een factor 3 verkeerd zaten. Ook zullen er hoofdrekentfouten

---

tussen zitten; hier en daar lijkt er een factor 10 verkeerd te zitten. Evidente fouten, zoals 600 uur per week zijn er echter uit gehaald. De fouten manifesteren zich vooral bij de detailgegevens. Over de hele linie lijkt een toeslag van zo'n 13%, gemiddelde van alle schepen, op het brandstofverbruik een redelijke schatting.

### **A.3.2 Passagiersschepen**

Van een 13-tal grote passagiersschepen (hotelschepen) zijn gegevens verzameld. Hoewel op deze schepen behoorlijke hoeveelheden elektrisch vermogen worden gevraagd (ook de boegschroeven zijn vaak elektrisch), blijkt hier niet veel van in de gegeven cijfers voor het jaarlijkse brandstofverbruik. Uitgaande van het aantal draaiuren van de hoofdmotoren, het voortstuwingsvermogen en een gemiddelde belasting van 80% volgt een jaarlijkse brandstofhoeveelheid die al (gemiddeld 7%) groter is dan het opgegeven totaal, inclusief hulpvermogen.

### **A.4 Algemeen:**

De medewerking van de schippers om aan de enquête deel te nemen was voortreffelijk. Drie schippers weigerden om mee te doen. Een aantal schippers van schepen die reeds over de grens naar het buitenland waren vonden de telefoonkosten een bezwaar. Als het schip weer in Nederland kwam zouden ze wel meedoen.



Bijlage: enquête vrachtschepen

VRAGENLIJST aanwezigheid en gebruik hulpmotoren op binnenvaartschepen

Naam schip

eigenaar/rederij

Naam geïnterviewde

1 Welk type schip is dit ?

- motorvrachtschip
- mvs met bak(ken)
- motortankschip
- containerschip
- duwstel
  
- passagiersschip*

Aankruisen indien van toepassing

*(andere  
vragenlijst!)*

2 Wat is het registratienummer van het schip ?

(controleer a.d.v. lijst)

3 Welke type lading vervoert dit schip ?

- droge bulk
- natte bulk/gassen
- containers

(duwstel/koppelverband: in meest gebruikelijke  
samenstelling)

4 Welke hoofdafmetingen heeft het schip

- lengte
- breedte
- max. diepgang
- laadvermogen

 m  
 m  
 m  
 ton



5 Welk bouwjaar romp  (jaartal)  
 motor  (jaartal) laatste revisie

6 In welk type vaart zit het schip?  
 dagvaart   
 semi-continuvaart   
 continuvaart

7 Welk vaargebied heeft het schip voornamelijk?  
 Rijn / Duitsland   
 Schelde-Rijn verbinding   
 Overige grote vaarwegen   
 kleinere vaarwegen

8 Welke accommodatie heeft het schip?  
 woning voor  personen (mensen permanent aan boord)  
 of: dagverblijf voor  personen (geen slaapplaatsen)  
 gezin aan boord?

9 Wat is het totale vermogen van de hoofdmotor(en) ?  
 aantal draaiuren  kW / PK\*  
 aantal schroeven  uur/jaar  
 totaal brandstofverbruik  liter/jaar  
 Geschatte draaiuren

10 Welk type hulpmotoren zijn aanwezig ?  
 aantal totaal vermogen eenheid eenheid per

	Generator(en)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	<input type="text"/>	uur dag / week / jaar*
	licht belast (0-25%):	gemiddeld	<input type="text"/>	uren per dag		
	normaal belast (25-75%)	gemiddeld	<input type="text"/>	uren per dag	}of: gem. dieselverbruik	<input type="text"/> liter per uur / dag / week / jaar*
	zwaar belast (75-100%)	gemiddeld	<input type="text"/>	uren per dag		
	Boeg en/of hekschroeven	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kW / PK*	<input type="text"/>	uur dag / week / jaar*
	merk		<input type="text"/>			
	type (2/3/4 kanaals / rooster /..)		<input type="text"/>			
lading/ballastpompen	Pompinstallaties	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kW / PK*	<input type="text"/>	uur dag / week / jaar*
	Andere nl ....	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kW / PK*	<input type="text"/>	uur dag / week / jaar*

11 Worden de hoofdmotoren gebruikt voor de aandrijving van: ?

			totaal vermogen		
(verbruikers:)	Asgenerator(en)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	
	Boeg en/of hekschroeven	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	(indien elektrisch aangedreven)
	Pompinstallaties	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	(indien elektrisch aangedreven)
	Andere nl ....	<input type="text"/>	<input type="text"/>	KVA	(indien elektrisch aangedreven)

12 Roeren:

aantal	<input type="text"/>
type	<input type="text"/>
max. roerhoek	<input type="text"/> graden

13 Vaarsnelheid

welke snelheid vaart u meestal (bij voorkeur, normale omstandigheden; snelheid door het water):

			of motortoerental	brandstofverbruik daarbij ongeveer:
geladen	op (ruim) stilstaand water	<input type="text"/>	km/u	<input type="text"/> liter/uur
	stroomopwaarts	<input type="text"/>	km/u	<input type="text"/> liter/uur
	stroomafwaarts	<input type="text"/>	km/u	<input type="text"/> liter/uur
leeg	op (ruim) stilstaand water	<input type="text"/>	km/u	<input type="text"/> liter/uur

---

stroomopwaarts  
stroomafwaarts

	km/u
	km/u

	toeren
	toeren

	liter/uur
	liter/uur