

*Notitie***Aan**

Stakeholders schone binnenvaart

Van

Ruud Verbeek, Jorrit Harmsen en Pim van Mensch

Onderwerp

Bijlagen visie On-Board-Monitoring in de binnenvaart

Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00
F +31 88 866 30 10**Datum**

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

E-mail

pim.vanmensch@tno.nl

Doorkiesnummer

+31 88 866 33 20

Bijlagen

Bijlage 1: Kosten-baten analyse	2
Bijlage 2: Meetmethoden	16
Bijlage 3: Ervaringen met meetmethoden uit het wegverkeer	25
Bijlage 4: Bepalen van emissieniveaus in de praktijk	27
Bijlage 5: Aantoonbaar maken van milieumaatregel	31
Bijlage 6: Invloed zwavelgehalte in diesel op PM emissies	33
Bijlage 7: Emissies en brandstofverbruik, vergelijk binnenvaart en wegtransport	34

Bijlage 1: Kosten-baten analyse

Inleiding

In deze memo zijn de resultaten gepresenteerd van een analyse naar de impact van verschillende opties voor het vergroenen van de binnenvaart. In deze analyse zijn de volgende maatregelen opgenomen:

- Vervroegd vervangen van de motor om in 2025 te voldoen aan CCRII;
- Installeren van een On Board Monitoring (OBM) systeem;
- Een OBM systeem in combinatie met gebruik van een additief en extra onderhoud;
- Een OBM systeem in combinatie met gebruik van Gas to Liquids (GTL);
- Een OBM systeem in combinatie met een hercalibratie van de motor;
- Een OBM systeem in combinatie met een hercalibratie van de motor én GTL;
- Een OBM systeem in combinatie met de installatie van een SCR retrofit systeem;
- Een OBM systeem in combinatie met de installatie van een SCR en DPF retrofit systeem.

Bij het OBM systeem is er bij elke maatregel uitgegaan van een verbetering van het vaargedrag. Per maatregel is het effect op de kosten voor de binnenvaartondernemer en het effect van de maatregel op de emissies (CO₂, NO_x, PM₁₀) berekend op het niveau van het individuele schip. Daarnaast is voor de eerste optie (het vervroegd vervangen van de motor vóór 2025) een eerste inschatting gemaakt van de kosten voor de gehele Nederlandse en West-Europese vloot.

In deze memo wordt allereerst kort ingegaan op de gehanteerde aanpak. Vervolgens worden achtereenvolgens de resultaten gepresenteerd voor de individuele schepen en indicatieve resultaten voor de vloot als geheel.

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

2/36

Aanpak

Om de effecten van de maatregelen in kaart te brengen zijn de volgende stappen gevolgd:

1. In kaart brengen van de generieke effecten van maatregelen op emissies;
2. In kaart brengen van de kosten en baten van de maatregelen;
3. Selectie van een aantal voorbeeldschepen en gebruiksprofielen;
4. Opschalen van de resultaten naar de gehele vloot.

1) Generieke effecten van maatregelen op emissies

In deze stap is allereerst informatie verzameld over de emissies per motortype (zie onderstaande tabel). Zo is bijvoorbeeld de uitstoot van fijnstof (PM10) veel lager (factor 14) bij een Stage V motor dan bij een CCR II motor. Dit betekent dat het naar voren halen van een investering leidt tot een lagere uitstoot voor die periode. Daarnaast neemt de impact van de andere maatregelen af bij een schonere en zuinigere motor.

Tabel 1: Gemiddelde emissies in g/kWh per motortype

Emissiefactor g/kWh	CCRO_'90-94	CCRO_'95-01	CCRI'02-07	CCR II >'08	Stage V*
NOx	11,5	10,8	10,6	6	<2
PM	0,35	0,35	0,3	0,2	0,025
CO ₂	210	205	205	215	205

* Limietwaarden en daarmee praktijkemissies nog onzeker. Volgens huidige voorstel zullen voor grotere motoren strengere eisen gaan gelden.

Op basis van een literatuuranalyse¹ en resultaten uit eerdere projecten van TNO is een overzicht gemaakt van de generieke effecten van de overige maatregelen. In onderstaande tabel zijn als voorbeeld de effecten voor een CCRO en CCRI motor weergegeven. Uit de tabel komt naar voren dat een aantal maatregelen (zoals de optie voor de OBM) hebben effect op het totale brandstofverbruik en hebben hiermee dezelfde impact op alle emissies. Andere maatregelen (zoals inbouw van een DPF (roetfilter)) hebben specifiek op één of meer emissies effect.

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

3/36

¹ Onder andere: TNO (2000), Quick scan wegtransport & binnenvaart, TNO (2014), Factsheets rondvaart, CEDelft, ECN & TNO (2014), Aardgasroutes

Tabel 2: Effecten van maatregelen op emissies van CCR0 en CCRI schip

	Reductie bij CCR0 en CCRI		
	CO ₂	NOx	PM
OBM + vaargedrag	7%	7%	7%
OBM + vaargedrag + onderhoud/additief	7%	7%	20%
OBM + vaargedrag + GTL*	7%	15%	40%
OBM + vaargedrag + hercalibratie	4%	25%	25%
OBM + vaargedrag + hercalibratie + GTL	4%	35%	45%
OBM + vaargedrag + SCR** retrofit	7%	80%	20%
OBM + vaargedrag + SCR + DPF*** retrofit	7%	80%	90%

* Gas to liquid (Diesel uit aardgas)

** Selective Catalytic Reduction (NOx reductie)

*** Diesel Particulate Filter (roetfilter)

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

4/36

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

5/36

2) Inzicht in kosten maatregelen

In de tweede stap is informatie verzameld over de kosten van de verschillende maatregelen. Hierbij zijn de volgende posten opgenomen:

- Investeringskosten (voor nieuwe motoren en voor installatie maatregelen);
- Revisiekosten motoren en herinvesteringen;
- Onderhouds- en abonnementskosten;
- Verandering brandstofkosten (door verandering gebruik of andere brandstofsoort).

De informatie over de verschillende kostenposten is afkomstig vanuit de partners en sluiten hiermee aan op de dagelijkse praktijk. In onderstaande tabellen zijn de verschillende kostenposten opgenomen.

Tabel 3: Kosten onderhoud en vervanging motor

Scheepstype	Jaarlijkse kosten	Klein onderhoud (na 10.000 uur)	Grote revisie (na 40.000 uur)	Vervanging nieuwe CCR II motor (na 70.000 uur)	Vervanging Stage IV (na 70.000 uur)
Dortmund-Eems	€ 1.000	€ 5.000	€ 40.000	€ 80.000	€ 104.000
Rijn-Herne schip	€ 1.500	€ 7.500	€ 60.000	€ 125.000	€ 162.500
Groot Rijnschip	€ 2.500	€ 10.000	€ 150.000	€ 300.000	€ 390.000

Tabel 4: Kosten maatregelen

Maatregelen	Investeringskosten	Onderhoud/ jaarlijks	Afschrijving/levensduursperiode in jaren
OBM	€ 9.750	€ 0	10
Hercalibratie	€ 10.000	€ 0	10
SCR retrofit	€ zie hieronder	€ 1.000	10
SCR + DPF retrofit	€ zie hieronder	€ 2.000	10
Vaargedrag		€ 1.250	
Additief/onderhoud		€ 200	

Scheepstype	SCR retrofit	SCR + DPF retrofit
Dortmund-Eems	€ 42.000	€ 70.000
Rijn-Herne schip	€ 54.000	€ 90.000
Groot Rijnschip	€ 90.000	€ 150.000

Tabel 5: Overzicht gehanteerde brandstofprijzen

Brandstoftype	Euro per ton
Diesel	€ 700
Additief	€ 12
Adblue (SCR systeem)	€ 25
GTL	€ 775

3) Selectie voorbeeldschepen en gebruiksprofielen

Om de effecten in kaart te brengen zijn drie voorbeeldschepen geselecteerd. De selectie is gebaseerd op een aantal veel voorkomende grootteklassen in de Nederlandse binnenvaart. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van de drie scheepstypen:

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

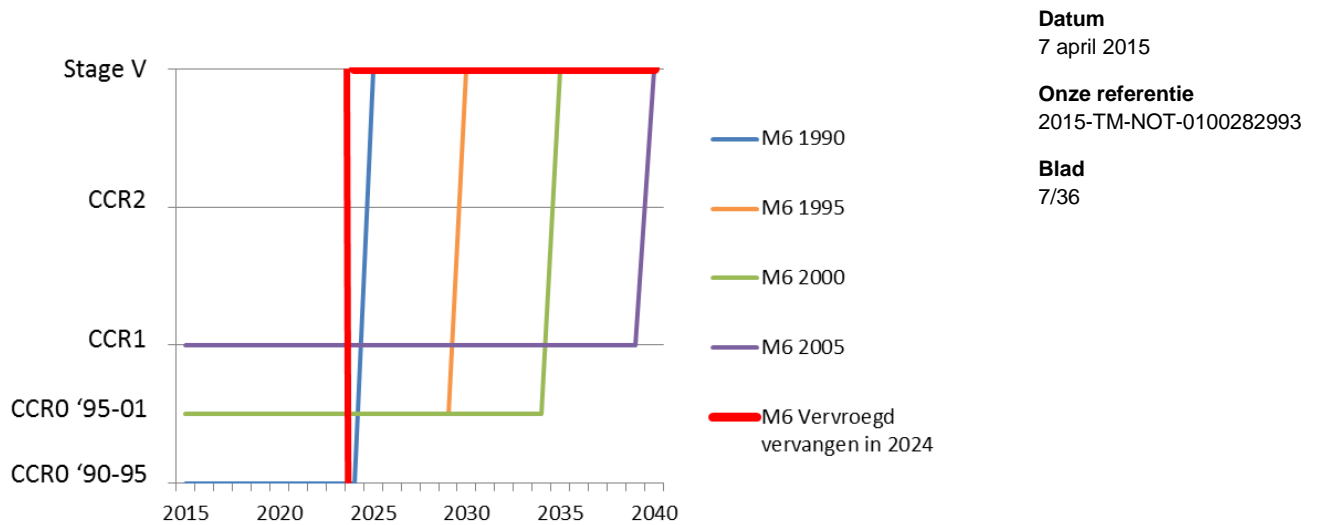
Blad
6/36

Tabel 6: Kenmerken van drie gebruikte voorbeeldschepen

AVV-klasse	Type schip	Vaaruren [u/j]	Laad- vermogen [ton]	Motor- vermogen [kW]	Toerental bij max. vermogen [rpm]	Brandstof verbruik [ton/j]
[-]	[-]					
M4	Dort-mund- Eems	2.000	900	428	1.350	91
M6	Rijn-Herne schip	2.000	1.550	749	1.600	183
M8	Groot Rijn- schip	5.000	2.750	1.389	1.600	398

Per type schip is een vervangingschema opgesteld voor investeringen aan de motor, in de huidige marktsituatie (zonder aanpassing) en in de situatie waarin de CCR II norm voor elk schip geldt (in plaats van alleen voor nieuwe motoren). Vervolgens is per schip voor verschillende bouwjaar in kaart gebracht wat het vervangingschema was en welke investering in welk jaar werd gedaan. Bijvoorbeeld: een schip uit 1995 (CCR0 motor) dat wordt ingezet in de dagvaart zal in 2015 (na 40.000 draaiuren ofwel 20 jaar bij 2.000 vaaruren per jaar) worden gereviseerd en zal in 2030 (na 70.000 draaiuren of 35 jaar) de motor vervangen door een Stage V motor. In de analyse is aangenomen dat het schip vanwege de CCR II norm in Rotterdam in **2024** vervroegd de motor vervangt (6 jaar eerder dan normaal).

De analyse is uitgevoerd voor vier bouwjaar van de motor (voor alle drie de scheepstypen): 1990, 1995, 2000 en 2005. Een grafische weergave (voor een Rijn-Herneschip) is te vinden in onderstaande figuur.



Figuur 1: Vervangingschema motortype voor verschillende bouwjaren

Op basis van het investeringsschema is voor de verschillende scheepstypen een financiële business case uitgerekend, waarbij de kosten van het vervroegen van de investering in kaart zijn gebracht. Hiervoor zijn de investeringsbedragen in beide varianten “netto contant” gemaakt. Hierbij wordt de huidige waarde van toekomstige inkomsten en kosten berekend aan de hand van een jaarlijkse rente.² Vervolgens is dit verschil afgezet tegen de kosten en baten van de maatregelen van de andere opties. Hiervoor is aangenomen dat deze opties vanaf 2015 worden ingezet. De gedachte hierachter is dat deze maatregelen **nu** kunnen worden genomen en dus ook op korte termijn tot een effect kunnen leiden.

Met behulp van de verschillende vervangingschema's die zijn opgesteld in stap 3 zijn ook de effecten van de verschillende varianten op emissies berekend voor de periode 2015 t/m 2040.

4) Opschalen effecten naar de gehele vloot

Voor de variant waarbij motoren vervroegd vervangen worden is op basis van een eerste indicatieve berekening een vertaalslag gemaakt naar de gehele vloot. Hierbij is gebruik gemaakt van de emissiesteekproef uit 2007. In deze steekproef zijn 4.700 actieve Nederlandse binnenvaartschepen opgenomen. De database bevat onder meer informatie over de bouwjaar van de motor op dat moment.³

Op basis van de database is een leeftijdsverdeling per grootteklasse opgesteld. Deze is te vinden in onderstaande figuur. Uit de figuur komt naar voren dat:

- De gemiddelde leeftijd van de motoren van de actieve vloot hoog is. Het gemiddelde bouwjaar was 1982 (ofwel 25 jaar in 2007).

² Deze methodiek sluit aan bij gangbare kostenbatenanalyses die worden uitgevoerd bij investeringsbeslissingen door de overheid. Er is aangesloten bij de standaard rentevoet van 5,5% die is vastgesteld door het Centraal Planbureau.

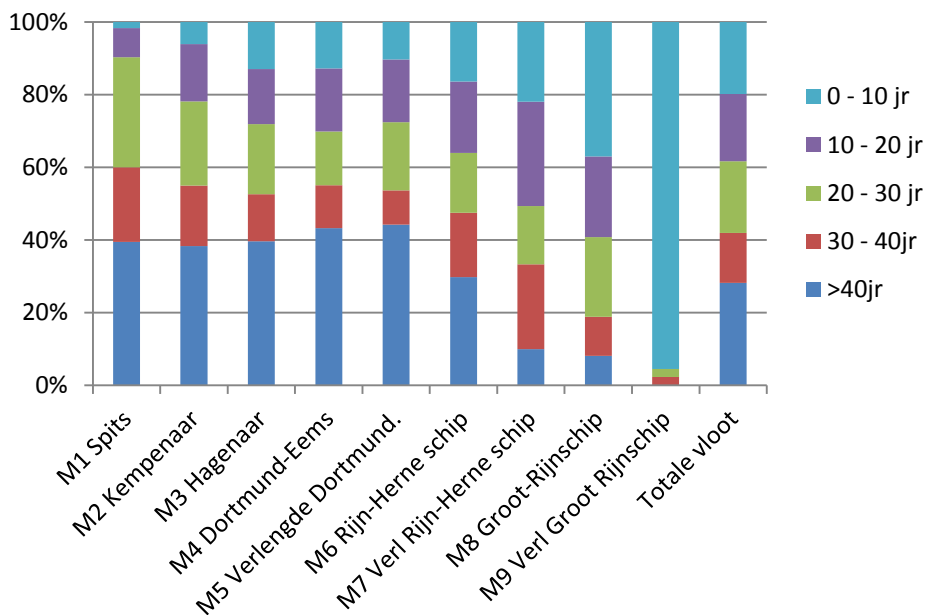
³ Recentere gegevens zijn niet beschikbaar. In IVR wordt bijvoorbeeld wel het bouwjaar van het schip opgenomen, maar niet het bouwjaar van de motor.

- De leeftijdsverdeling voor de kleinere klassen (t/m M6 of 1500 ton laadvermogen) komt redelijk overeen met elkaar. Ongeveer 40% van de schepen voer in 2007 met motoren die ouder waren dan 40 jaar.
- Grotere schepen (vanaf M7) zijn substantieel jonger. De gemiddelde leeftijd van een motor in een M8 schip (2.750 ton laadvermogen) was 14 jaar.

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
8/36



Figuur 2: Leeftijdsverdeling motoren van verschillende scheepscategorieën Bron: TNO op basis van IVR

Op basis van de database is een inschatting gemaakt van het aantal schepen dat in 2025 nog vaart met een CCR0 of CCRI motor. Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:

- Schepen die in 2007 een motor van 40 jaar of ouder hadden zijn niet meegenomen in de analyse. Er is aangenomen dat deze schepen ofwel uit de vaart worden gehaald, ofwel investeren in een nieuwe motor.
- Voor jongere schepen t/m M6 is aangenomen dat de motor na 35 jaar vervangen wordt. Hierbij wordt aangenomen dat het hier gaat om schepen in de dagvaart. Er wordt aangenomen dat de overige schepen ofwel uit de vaart zijn gehaald, ofwel varen met een andere motor.
- Voor schepen die vallen in de klasse M7 of groter is op basis van de leeftijdsverdeling in 2007 aangenomen dat 50% vaart als dagvaart (2000 uur) en 50% volcontinue vaart (5000 uur).

Vervolgens is berekend welk aandeel per klasse in 2025 nog overblijft en wat (gemiddeld) de leeftijd is van de motor. Op basis van de gegevens uit stap 3 is een eerste inschatting gemaakt van de kosten.

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

9/36

Uitkomsten analyse voor de voorbeeldschepen

In deze paragraaf wordt een kort overzicht gepresenteerd van de uitkomsten van de berekeningen van de voorbeeldcases. Hierbij wordt eerst inzicht gegeven in het effect van de verschillende varianten op de kosten voor de ondernemer, de effecten op de uitstoot van NOx en PM en de kosteneffectiviteit van de maatregelen.

Effect op kosten

In onderstaande figuren wordt een overzicht gepresenteerd van de effecten van de verschillende varianten op de kostprijs van een schip. Het gaat hierbij om de totale kosten over de periode 2015 tot en met 2040, waarbij de bedragen zijn geschaald naar 2015 (netto contante waarde), negatieve bedragen betekenen een kostenvoordeel. De resultaten worden gepresenteerd in twee figuren:

- Een figuur waarin een vergelijking wordt gemaakt tussen verschillende scheepsgrootten met hetzelfde bouwjaar van de motor;
- Een figuur waarin een vergelijking wordt gemaakt van schepen van één scheepsgrootte (M6) voor verschillende bouwjaren van de motor.

In onderstaande figuur wordt de vergelijking tussen verschillende scheepstypen gepresenteerd. Op basis van de resultaten wordt afgeleid dat:

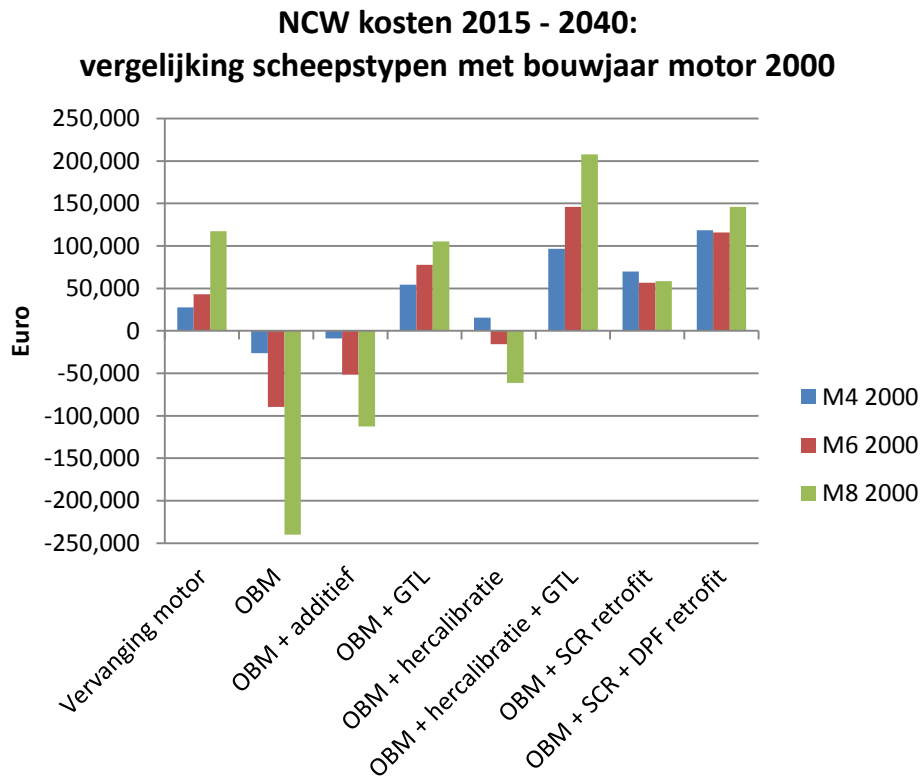
- Vervroegde vervanging van de motor leidt tot kostenverhoging. De mate hiervan is echter sterk afhankelijk van de omvang van het schip, het bouwjaar van de motor en het aantal draaiuren.⁴
- Gebruik van een OBM leidt tot een kostenreductie, als dit wordt gecombineerd met aanpassing van het vaargedrag. De impact van deze maatregel is groter voor grote schepen dan voor kleine schepen.
- OBM in combinatie met een additief en onderhoud leidt ook tot een besparing. Hercalibratie van de motor is kostenneutraal.
- GTL, SCR en DPF zijn maatregelen die kostenverhogend zijn.

⁴ De kosten van eventuele afvloeiing van schepen is hierbij niet meegenomen.

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
10/36



Figuur 3: Netto Contante Waarde (NCW) berekening van de verschillende alternatieven voor drie scheepstypen met een motor uit 2000 (negatief getal is kostenbesparing)

Bij een vergelijking van het hetzelfde schip voor verschillende bouwjaar van de motor komt naar voren dat de kosten toenemen voor de meeste maatregelen bij een jonger schip. Dit effect wordt veroorzaakt doordat een jonger schip op een later moment de motor vervangt. Dit heeft als gevolg dat:

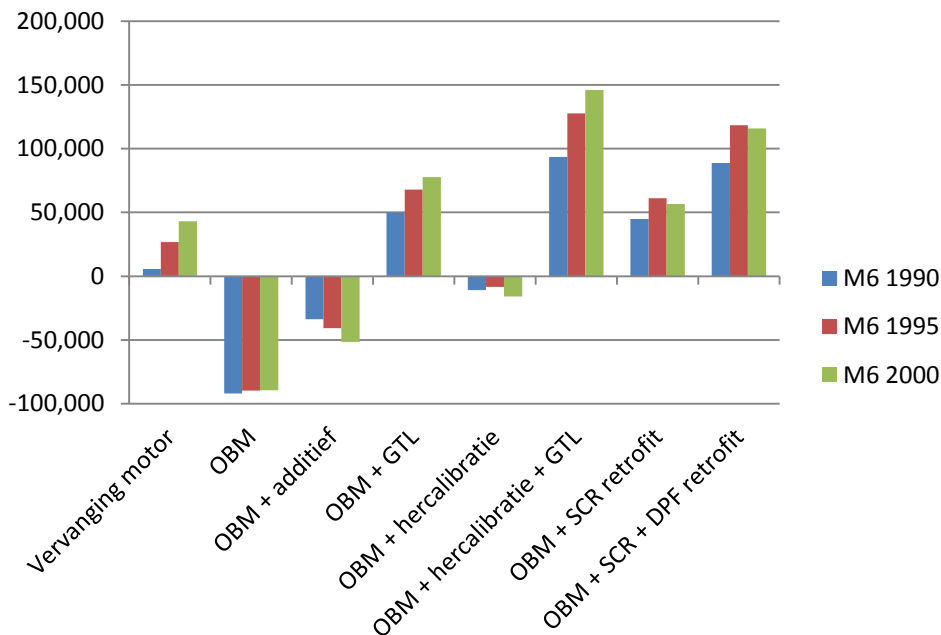
- De motor sneller wordt afgeschreven, of
- Langer aanvullende maatregelen als GTL of een SCR systeem moeten gebruiken.

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
11/36

**NCW kosten 2015 - 2040:
vergelijking verschillende bouwjaren motor voor een
Rijn Herne Schip**



Figuur 4: Netto Contante Waarde (NCW) berekening voor een Rijn-Herneschip bij drie verschillende bouwjaren van de motor (negatief getal is kostenbesparing)

Effect op Emissies

In onderstaande figuren worden de effecten van de maatregelen op de uitstoot van respectievelijk NOx en PM gepresenteerd voor de drie scheepstypen met een bouwjaar van de motor uit 1995. De getallen in de figuren betreffen de totale verandering in uitstoot voor de periode 2015 t/m 2040. Conclusies zijn:

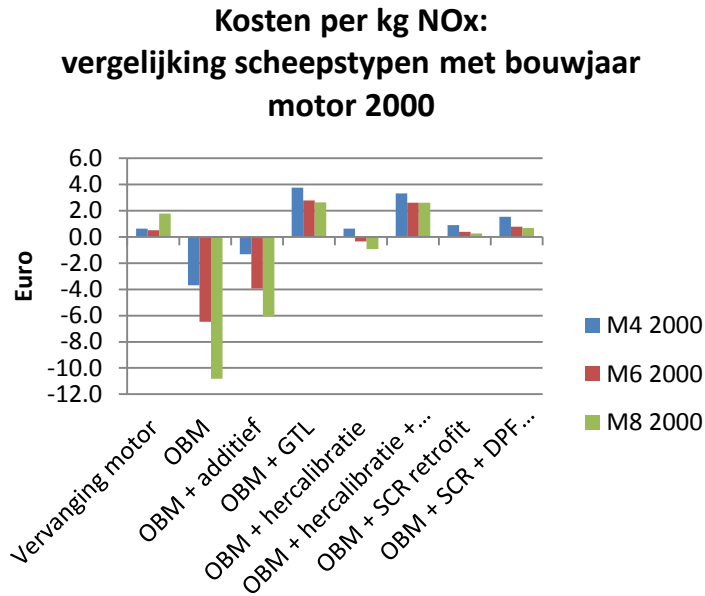
- Vervroegd vervanging van motoren in 2024 leidt tot een substantiële reductie van emissies.
- Een zelfde effect kan worden bereikt door in 2015 de optie te kiezen voor een OBM in combinatie met hercalibratie en GTL.⁵
- De variant waarin in 2015 een SCR of DPF + SCR wordt ingebouwd levert het grootste effect op.

⁵ Uitzondering hierop is een M8 schip, vanwege de snelle vervanging van de motor van het schip na de hercalibratie (2021).

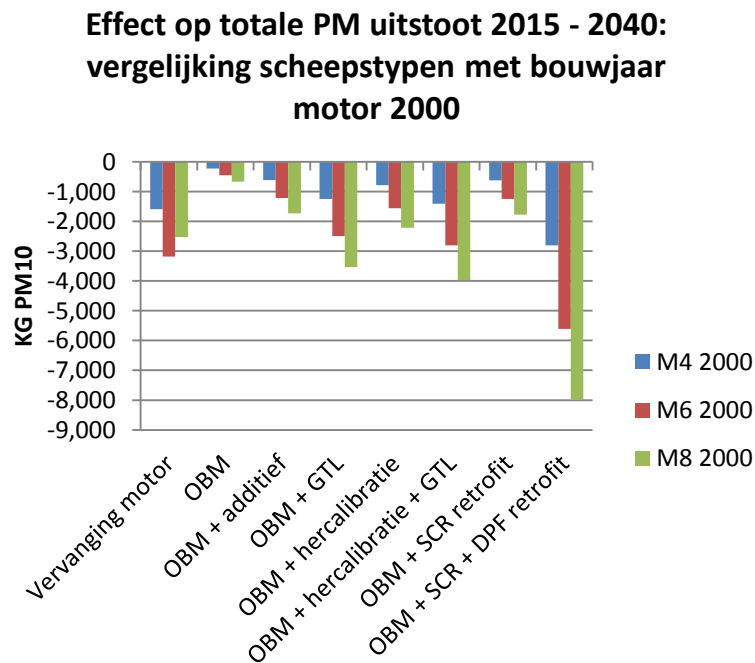
Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
12/36



Figuur 5: Totale besparing van NO_x-uitstoot voor de periode 2015-2040 voor drie voorbeeldschepen



Figuur 6: Totale besparing van PM-uitstoot voor de periode 2015-2040 voor drie voorbeeldschepen

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

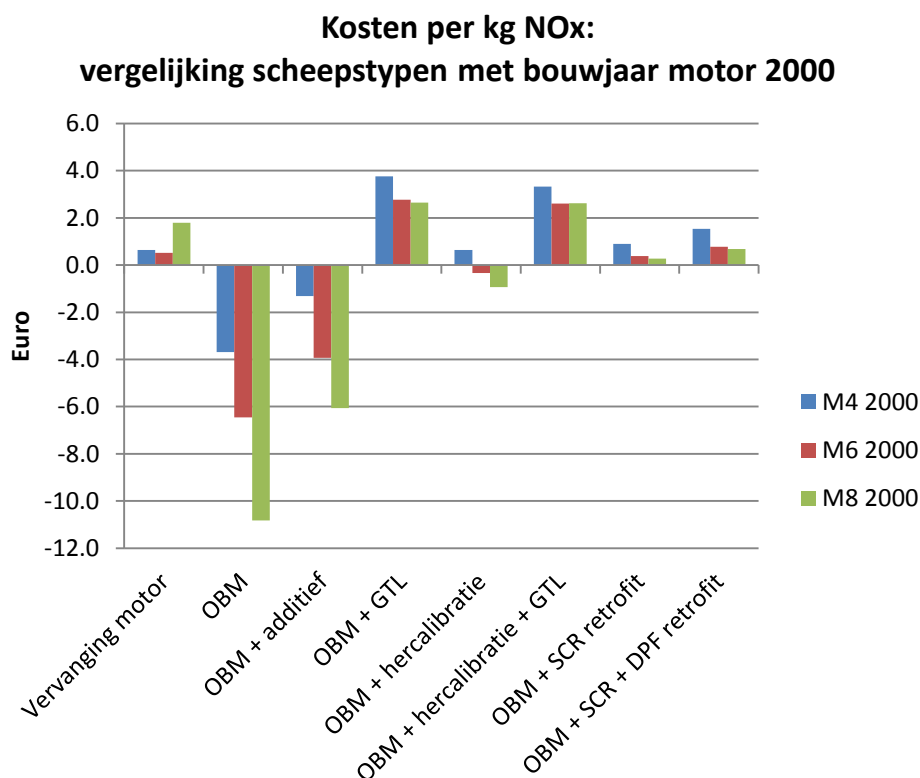
Blad

13/36

Conclusies kosteneffectiviteit

Tot slot wordt in onderstaande tabellen een overzicht gegeven van de kosteneffectiviteit van de maatregelen. Hierbij is per maatregel uitgerekend wat het kost om één kilo NO_x of PM₁₀ te verminderen (Netto contante waarde, ofwel de waarde in 2015). De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel. Uit de tabel komt naar voren dat:

- OBM en OBM in combinatie met onderhoud + additief zijn kostenreducerende maatregelen. Hiermee is de maatregel per KG NO_x en PM 10 het meest kostenefficiënt.
- De overige maatregelen leiden tot een verhoging van de kosten. Het vervroegd vervangen van de motor en het toepassen van hercalibratie van de motor zijn hierbij het laagst (gunstigst).
- Het gebruik van SCR en DPF systemen zijn met name kosteneffectief voor jongere schepen(2000 t/m 2008): deze schepen worden pas op een zeer laat moment vervangen.

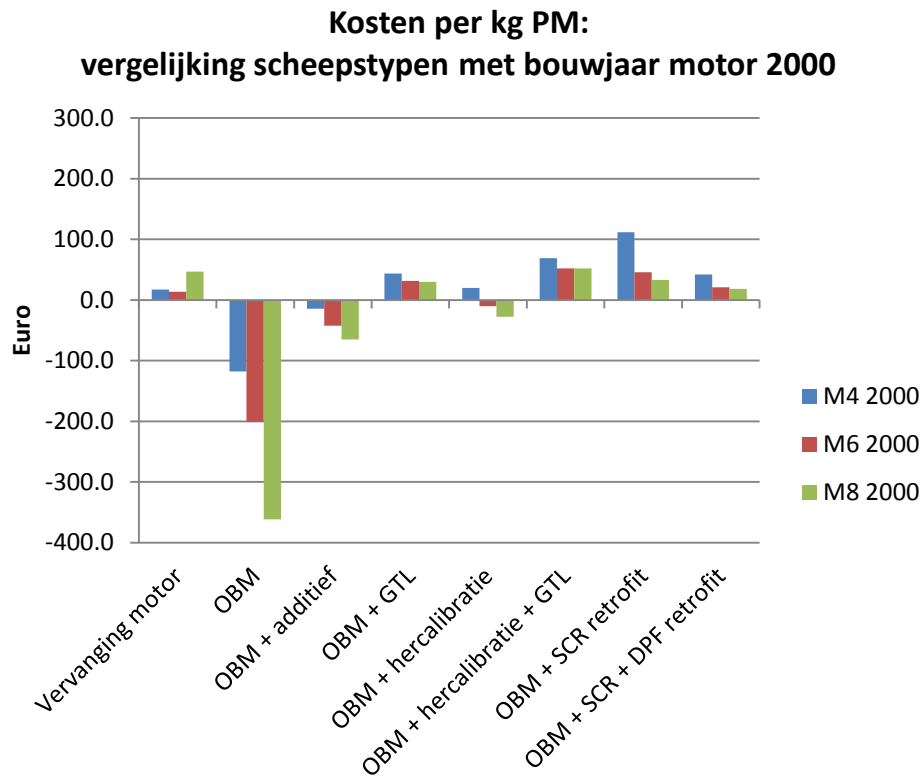


Figuur 7: Totale kosten van de maatregelen (NCW) per kg NO_x-besparing voor de periode 2015-2040 voor drie voorbeeldschepen

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
14/36



Figuur 8: Totale kosten van de maatregelen (NCW) per kg PM-besparing voor de periode 2015-2040 voor drie voorbeeldschepen

Indicatieve uitkomsten voor de gehele vloot

Op basis van de aannames die zijn beschreven in de eerste paragraaf is een eerste indicatieve berekening van de kosten voor de Nederlandse vloot. Op basis van de scheepsdatabase wordt uitgegaan dat ongeveer 1.900 schepen vervroegd de motor moeten vervangen. Dit leidt tot een totale financiële schade van € 94 miljoen.

Tabel 7: Uitsplitsing extra investeringskosten naar scheepstype

Motor schepen	Nederland	
	Aantal schepen	Extra kosten
I	48	€ 831.466
II	174	€ 2.985.180
III	642	€ 11.014.756
IVa	392	€ 10.522.129
Va	186	€ 19.579.131
Vla	23	€ 2.378.164
<i>Konvoeien</i>		
IVa	126	€ 13.210.212
Va	306	€ 32.170.369
Vb+	13	€ 1.319.392
Totaal	1.909	€ 94.010.799

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

15/36

Het aantal schepen volgens deze analyse wijkt sterk af van de analyse die is uitgevoerd in het kader van IDVV. Hieruit kwam naar voren dat 60% van de schepen versneld zouden moeten afschrijven. Cruciale aanname in deze analyse is dat er van wordt uitgegaan dat veel kleinere zeer oude schepen vanzelf uit de vaart zal verdwijnen. Het is onbekend in welke mate dit zal gebeuren, en of dit versneld zal plaats vinden als gevolg van de CCR II eis.

Eventuele vervroegde afschrijving van het gehele schip leidt ook tot additionele kosten voor de eigenaar. Verwacht wordt daarmee dat de € 94 miljoen aan de ondergrens zit van de totale economische schade.

Bijlage 2: Meetmethoden

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
16/36

In deze bijlage worden de onderstaande vier meetmethoden beschreven

- Laboratoriummeting volgens ISO 8178-1
- Formele on-board test volgens ISO 8178-2
- Continue on-board monitoring uitgebreid
- Continue on-board monitoring eenvoudig

1) Samenvatting meetmethoden

Laboratoriummeting volgens ISO 8178-1

Bij een laboratoriummeting wordt de motor op een motorproefstand gemonteerd, de gewenste belasting van de motor gebeurt door een elektromotor die diverse weerstanden kan simuleren. De test vindt plaats onder gecontroleerde omstandigheden. Bij deze meetmethode kunnen alle parameters goed gemeten worden met een goede reproduceerbaarheid en een hoge nauwkeurigheid, de meting is echter het minst representatief voor de praktijk en heeft de hoogste kosten.

Formele on-board test volgens ISO 8178-2

Een formele on-board test gebeurt in het schip, de gewenste belastingspunten (van bijvoorbeeld de E3 cyclus) worden in de praktijk, tijdens het varen nagebootst. De nauwkeurigheid van deze meting is vrij hoog doordat er laboratoriumapparatuur wordt gebruikt. Het motorvermogen is lastiger te meten dan tijdens een laboratoriummeting, vaak wordt dit bepaald uit het brandstofverbruik. Deze meting is niet het meest representatief voor de praktijk omdat de meting een momentopname is, wel kan (indien gewenst) de test uitgevoerd worden op een belasting die representatief is voor de inzet van het schip.

Continue on-board monitoring

Continue on-board monitoring (OBM) "uitgebreid" en "eenvoudig" komen grotendeels overeen, het eenvoudige systeem is echter iets minder nauwkeurig en meet minder emissiecomponenten, het eenvoudige systeem kost daarom ook minder.

Het grote voordeel van continue on-board monitoring is dat de emissieprestaties van het vaartuig continu gemonitord worden, deze methode is dan ook zeer representatief voor de praktijk. Bovendien krijgt de binnenvaartondernemer ook inzicht in het brandstofverbruik, wat bij juist gebruik leidt tot een kostenbesparing voor de bedrijven. De nauwkeurigheid van OBM is minder goed dan bij andere twee meetmethodes

De reproduceerbaarheid tijdens continu meten is minder goed doordat de externe omstandigheden (stroming, weersomstandigheden, verkeer etc.), vaarsnelheden, belading, etc. niet constant zijn. Met behulp van een goed meetprotocol kan de reproduceerbaarheid verbeterd worden.

Het meest lastige punt voor OBM is dat er geen officiële fijnstofmeting uitgevoerd kan worden, wel kan een periodieke rooktest gedaan worden, de rooktest geeft een indicatie voor de fijnstofemissies. Ook kan waarschijnlijk goed vastgesteld

worden of de rookemissie plotseling of geleidelijk verslechtert door bijvoorbeeld injectortip vervuiling of vermindering van turbodruk⁶.

Tabel 8 vat de meetmethoden samen op de te meten parameters en de eigenschappen. Tabel 9 geeft aan welke emissies er per methode gemeten (kunnen) worden. De volgende paragrafen beschrijven de vier meetmethoden in detail.

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

17/36

Tabel 8: Te meten parameters en eigenschappen van vier meetmethoden

	Methode	Te meten parameters			Eigenschappen			
		Vervuilende Emissies	Brandstofverbruik	Motorvermogen	Reproduceerbaarheid	Nauwkeurigheid	Representatief t.o.v. praktijk	Kosten
#1	Laboratoriummeting volgens ISO 8178-1	++	++	++	++	++	--	--
#2	Formele on-board test volgens ISO 8178-2	+	+	o	o	+	o	o
#3	Continue on-board monitoring uitgebreid	o	+	o	--*	o	++	+
#4	Continue on-board monitoring eenvoudig	-	+	o	--*	-	++	++

*Ervan uitgaande dat er niet op specifieke lastpunten gevaren wordt, bij varen op specifieke lastpunten, wordt de reproduceerbaarheid vergelijkbaar met meetmethode #2.

Tabel 9: Gemeten emissies per meetmethode

	Methode	Componenten	Optioneel	Prijsindicatie
#1	Laboratoriummeting volgens ISO 8178-1	CO ₂ , CO, HC, NO _x , PM	PN (deeltjesaantallen)	€50.000,-
#2	Formele on-board test volgens ISO 8178-2	CO ₂ , CO, HC, NO _x	PM (gravimetrisch)	€3.000,- tot €6.000,-*
#3	Continue on-board monitoring uitgebreid	CO ₂ , CO, HC, NO _x	GPS, PM (periodieke rookmeting)	€9.750,-**
#4	Continue on-board monitoring eenvoudig	CO ₂ , NO _x	GPS, PM (periodieke rookmeting)	€5.000,-**

*Per keer

**Kosten voor compleet system incl. inbouw, komt ca. €75,- per maand bij voor dataverkeer en ca. €350,- per jaar voor onderhoud en kalibratie.

⁶ In een Australisch onderzoek is vastgesteld dat monitoring en goed onderhoud de gemiddelde deeltjesemissie met 30% kan verlagen.

2) Laboratoriummeting volgens ISO 8178-1

De ISO 8178-1 testprocedure is bedoeld als meetprocedure om vervuilende emissies (CO, HC, NO_x, PM) van non-road verbrandingsmotoren (o.a. voor binnenvaartschepen) te bepalen. Volgens deze procedure wordt getoetst of de motor voldoet aan de typegoedkeuringseisen. De test vindt plaats op een motorproefstand in een laboratorium, de gewenste motorbelastingen worden tijdens de test gesimuleerd door een elektromotor (dyno). De test vindt plaats onder gecontroleerde omstandigheden, dit is nodig voor een goede reproduceerbaarheid. Bij een test in het laboratorium kunnen alle benodigde emissiecomponenten gemeten worden en vergeleken worden met norm. Door het gebruik van een laboratorium en installatie van een motorinstallatie op de motorproefstand is deze meetmethode erg kostbaar.

Testcycli en weegfactoren

Voor emissietesten aan scheepsmotoren worden testcycli E2 en E3 gebruikt, zie tabel 10 en 11. De E3 cyclus wordt gebruikt voor een directe schroef aandrijving, de E2 cyclus wordt gebruikt voor aandrijflijnen met een constant motortoerental. De E3 cyclus wordt bij het merendeel van de schepen toegepast, de E2 cyclus wordt toegepast voor schepen met een diesel-elektrische aandrijving of een schroef met variabele spoed.

De emissies worden uitgedrukt in gram per kilowatt-uur (g/kWh). Tijdens de test worden emissies bij verschillende lastpunten bepaald, elk lastpunt heeft een bepaalde weegfactor, zie tabel 10 en 11.

Tabel 10: E3 cyclus, lastpunten en wegingsfactor

Mode	Motortoerental [t/min]	Belasting [%]	Wegingsfactor
1	100%	100	0,2
2	91%	75	0,5
3	80%	50	0,15
4	63%	25	0,15

Tabel 11: E2 cyclus, lastpunten en wegingsfactor

Mode	Motortoerental [t/min]	Belasting [%]	Wegingsfactor
1	100%	100	0,2
2	100%	75	0,5
3	100%	50	0,15
4	100%	25	0,15

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

18/36

Datum

7 april 2015

Onze referentie

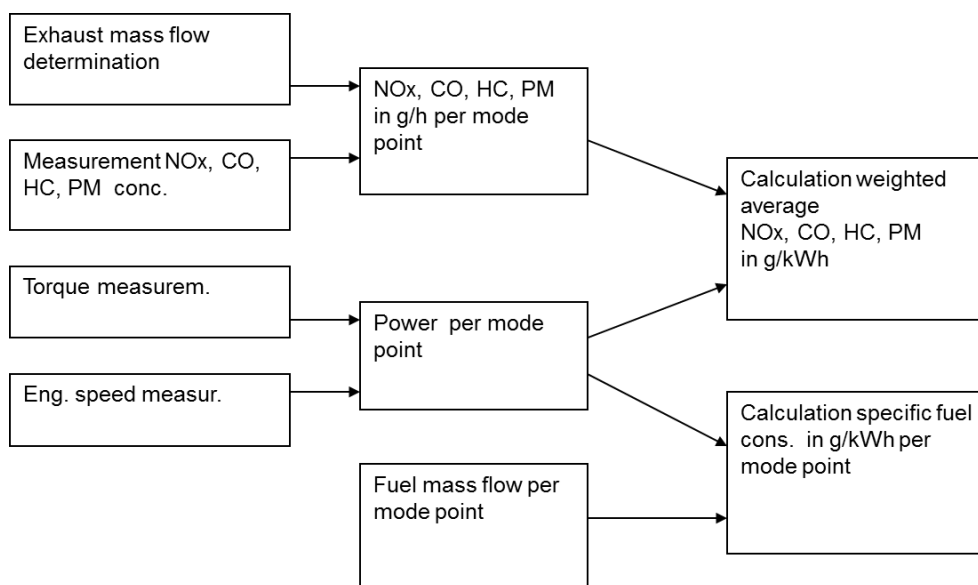
2015-TM-NOT-0100282993

Blad

19/36

Berekeningsprocedure

Onderstaand figuur geeft een overzicht van de berekeningsprocedure voor ISO 8178-1. De uitlaatgasflow wordt bepaald aan de hand van de brandstof en de (inlaat) luchtstroom. De vervuilende emissies worden naar een massa in grammen omgerekend door de emissieconcentratie te vermenigvuldigen met de uitlaatgasstroom. Bij de berekening wordt rekening gehouden met de moleculaire massa's van de emissiecomponenten en het uitlaatgas.



Figuur 9: Overzicht berekeningsprocedure voor ISO 8178-1

Meetprincipes

Tabel 12 beschrijft de vereiste meetprincipes voor metingen in het laboratorium.

Tabel 12: Meetprincipes ISO 8178-1.

Emissie component	Meetprincipe
CO (koolmonoxide)	NDIR (Non-dispersive infrared detector)
CO ₂ (kooldioxide)	NDIR (Non-dispersive infrared detector)
THC (totale koolwaterstoffen)	FID (Flame ionization detection)
NO, NO _x (stikstofoxiden)	CLD (Chemiluminescence detector)
O ₂ (zuurstof)	MPA (Paramagnetic)
PM (fijnstof)	Gravimetrische PM meting op filter met verdunningstunnel

Voor- en nadelen laboratoriummeting

- + Alle emissiecomponenten kunnen gemeten worden
- + Motorvermogen en brandstofverbruik kunnen goed worden gemeten
- + Hoge reproduceerbaarheid en nauwkeurigheid
- Zeer hoge kosten
- Niet erg representatief voor de praktijk

3) Formele on-board test volgens ISO 8178-2

Een vereenvoudigde testprocedure voor een meting in de praktijk is mogelijk volgens ISO 8178-2. Tijdens een praktijktest kan worden gecontroleerd of de motor nog voldoet aan de norm, alle benodigde emissiecomponenten (CO, HC, NO_x, PM) dienen gemeten te worden.

Een on-board praktijktest vindt plaats in het schip, de meetapparatuur wordt voor een specifieke test aan boord geplaatst. De gewenste motorbelasting wordt in de praktijk, tijdens het varen nagebootst. Deze kunnen in de praktijk wat lager liggen dan de formele E3 punten omdat de schroef uitgelegd wordt op 85% tot 90% motorvermogen (bij max toerental), terwijl de E3 cyclus uitgaat van 100%. De nauwkeurigheid van deze meting is vrij hoog omdat er laboratoriumapparatuur wordt gebruikt, de meetapparatuur wordt voorafgaand aan de meting gekalibreerd. De omgevingscondities zijn tijdens een on-board meting niet controleerbaar, dit heeft een negatief effect op de reproduceerbaarheid van een meting. Voor een goede reproduceerbaarheid is een helder gedefinieerd meetprogramma benodigd.

Testcycli, weegfactoren en analyse apparatuur

Tijdens de test wordt de motor bij benadering belast op de punten van de E3 of E2 cyclus (als in de voorgaande paragraaf beschreven). Ook de weegfactoren van de originele cycli worden gebruikt. Indien gewenst kan de motor ook worden belast volgens de reguliere inzet van een schip, hierdoor wordt de meting meer representatief voor de praktijk.

De vereisten voor de analyse apparatuur is als volgt.

- Zie tabel 13 voor vereiste nauwkeurigheden voor snelheid, koppel, brandstofverbruik en uitlaatgasflow
- Als de in- of uitlaatgasflow niet gemeten kan worden, mag deze worden bepaald aan de hand van de koolstofbalansmethode en het brandstofverbruik
- De NO_x analyser mag een zirconium dioxide (ZRDO) sensor zijn
- Nauwkeurigheid van de emissive-analysers dient beter dan +/- 4% te zijn
- Fijnstofmetingen dienen gravimetrisch en met verdunningstunnel gemeten te worden.

Tabel 13: Toegestane afwijkingen tijdens on-board metingen volgens ISO 8178-2.

Parameter	Toelaatbare afwijking, gebaseerd op maxium motorwaarden
Toerental	± 2 %
Koppel	± 5 %
Vermogen	± 5 %
Brandstofverbruik: overgebleven	± 4 %
brandstof:	± 6 %
Inlaatluchtstroom	± 5 %
Uitlaatgasstroom	± 5 % (berekend)

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

20/36

Het grootste verschil met de laboratoriummeting voor het berekenen van de emissies in g/kWh is dat de uitlaatgasflow berekend mag worden op basis van het brandstofverbruik en de CO₂, CO en HC concentraties (koolstofbalans).

Voor- en nadelen formele on-board meting

- + Alle emissiecomponenten kunnen gemeten worden
- + Nauwkeurigheid is vrij hoog
- Variabele omgevingscondities, hierdoor minder goede reproduceerbaarheid
- Redelijk hoge kosten
- Meting is een momentopname, hierdoor minder representatief voor de praktijk
- Motorvermogen en uitlaatgasstroom worden niet gemeten maar berekend

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

21/36

4) Continue on-board monitoring (OBM)

Bij continue on-board monitoring (OBM) wordt er emissiemeetapparatuur in het schip geplaatst voor een langere periode. De emissies kunnen real-time worden uitgelezen en tevens met GPRS worden verstuurd naar de vlootbeheerder of een ander centraal punt. De binnenvaartondernemer kan op deze manier bewaken dat emissieprestaties onder een bepaalde norm blijven en dat de emissieprestaties niet verslechteren. Bovendien krijgt de binnenvaartondernemer ook inzicht in het brandstofverbruik, wat bij juist gebruik leidt tot een kostenbesparing voor de bedrijven. Met behulp van een goed meetprotocol kunnen brandstof- en/of emissiereducerende maatregelen aantoonbaar gemaakt worden.

OBM is beschikbaar in diverse varianten. In dit document wordt een onderscheid gemaakt tussen OBM “uitgebreid” en “eenvoudig”. De systemen komen grotendeels overeen, de eigenschappen staan beschreven in tabel 14.

Tabel 14: OBM eigenschappen

	OBM uitgebreid	OBM eenvoudig
Meetprincipe	Elektrochemisch en optisch	Automotive sensoren
Componenten	NO _x , NO, NO ₂ , CO, CO ₂ , O ₂ + brandstofverbruik + diverse gewenste vaartuigparameters (toerental, inlaatstroom, vermogen etc.)	NO _x , O ₂ (CO ₂ via O ₂) + brandstofverbruik + diverse gewenste vaartuigparameters (toerental, inlaatstroom, vermogen etc.)
Berekening van emissieconcentraties naar g/kWh	Inlaatstroom + CO ₂ , of Motorvermogen + CO ₂ , of Brandstofverbruik + CO ₂	Inlaatstroom + CO ₂ , of Motorvermogen + CO ₂ , of Brandstofverbruik + CO ₂
Afwijking t.o.v. ISO 8178-2 meting* (totale berekening)	0 – 15%	0 – 20%
Kalibratie apparatuur	Jaarlijks	Jaarlijks

* expert view

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

22/36

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
23/36

Onderstaand figuur vergelijkt de uitgebreide OBM (Online) met een formele on-board meting (on-board 8178-2). Er is voor twee schepen op alle lastpunten van de E3 cyclus een vergelijk gemaakt. De afwijking voor CO₂ is maximaal 15%, voor NO_x is de maximale afwijking 10%.

	100%			75%			50%			25%		
	On-board 8178-2	Online	Vershil	On-board 8178-2	Online	Vershil	On-board 8178-2	Online	Vershil	On-board 8178-2	Online	Vershil
BOX 1 - SHIP 1												
CO2	5,20	5,15	-1%	4,80	4,75	-1%	4,60	5,30	15%	3,30	3,67	11%
NOx	713	706	-1%	715	698	-2%	621	565	-9%	346	369	7%
BOX 2 - SHIP 2												
CO2	5,90	5,88	-0,40%	5,90	5,83	-1,14%	6,40	6,23	-2,70%	5,80	5,72	-1,42%
NOx	538	581	7,97%	467	481	2,96%	698	725	3,87%	716	761	6,34%

Figuur 10: Vergelijk tussen OBM en formele on-board meting

Praktijkinzet en testcycli

Doordat OBM voor een langere duur geïnstalleerd wordt, kunnen de praktijkemissies tijdens de inzet zeer goed bepaald worden. Door de meetdata te verdelen over bepaalde lastpunten, kan het resultaat van de E2 of E3 cyclus uitgerekend worden, inclusief bijbehorende weegfactoren (zie tabel 10 en 11). Hiervoor dient er data beschikbaar te zijn op elk lastpunt van de betreffende cyclus. Indien gewenst kan de schipper ook specifiek op deze lastpunten gaan varen.

De reproduceerbaarheid tijdens continu meten is minder goed doordat de externe omstandigheden (stroming, weersomstandigheden, verkeer etc.), vaarsnelheden, belading, etc. niet constant zijn. Als er een specifiek meetprogramma wordt opgezet (meten volgens een vast protocol op specifieke lastpunten met vergelijkbare lading enz.) kan de reproduceerbaarheid verbeterd worden.

Fijnstof

Het meest lastige punt voor OBM is dat er geen officiële fijnstofmeting uitgevoerd kan worden, wel kan er periodiek een rooktest gedaan worden. De rooktest geeft een indicatie voor de fijnstofemissies. Ook kan goed vastgesteld worden of de rookemissie plotseling of geleidelijk verslechterd door bijvoorbeeld injectortip vervuiling of vermindering van turbodruk.

Bij een rookmeter wordt aan de hand van bepaalde vastgestelde aannames de deeltjesmassa ingeschat op basis van de zwarting van een filter of de opaciteit van het uitlaatgas. De massa van een fijnstofdeeltje is echter afhankelijk van de samenstelling van het deeltje en de deeltjesgrootte, m.a.w. de correlatie tussen zwarting of opaciteit en deeltjesmassa is erg ingewikkeld met veel onnauwkeurigheid. Bij een officiële gravimetrische meting wordt de hoeveelheid deeltjes daadwerkelijk gewogen op een filter.

Het aantonen van verbetering bij eenzelfde motor of eenzelfde motortype gaat waarschijnlijk al een stuk beter met een rooktest, het vergelijk met de norm is echter lastig, vooral bij moderne motoren met lage PM emissies. Het meten van PM emissies volgens de formele on-board meting kan echter ook complex zijn doordat er in sommige gevallen aanpassingen aan de uitlaat nodig zijn.

Voor- en nadelen OBM

- + Zeer representatief voor de praktijk, officiële cyclus kan ook uitgerekend worden
- + Continue bewaking van emissies
- + Inzicht in brandstofverbruik van praktijkinzet, hier kan op gestuurd worden
- Variabele omgevingscondities, hierdoor minder goede reproduceerbaarheid
- Geen officiële fijnstofmeting
- Motorvermogen en uitlaatgasstroom worden niet gemeten maar berekend

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

24/36

Bijlage 3: Ervaringen met meetmethoden uit het wegverkeer

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

25/36

Op 1 januari 2014 is de nieuwe, strenge Euro-VI wetgeving voor zwaar wegverkeer van kracht geworden. In de Euro-VI wetgeving zijn de emissielimieten flink aangescherpt en is een praktijkemissietest onderdeel geworden van de typekeurtest. Anticiperend op de Euro-VI normen hebben voertuigfabrikanten nieuwe motoren en een combinatie van geavanceerde emissiereductiesystemen ontwikkeld. De belangrijkste systemen zijn het zeer efficiënte roetfilter voor de reductie van fijnstof, en voor de reductie van uitstoot van NO_x de SCR-katalysator en systemen voor uitlaatgasrecirculatie, vaak aangeduid met Exhaust Gas Recirculation of EGR.

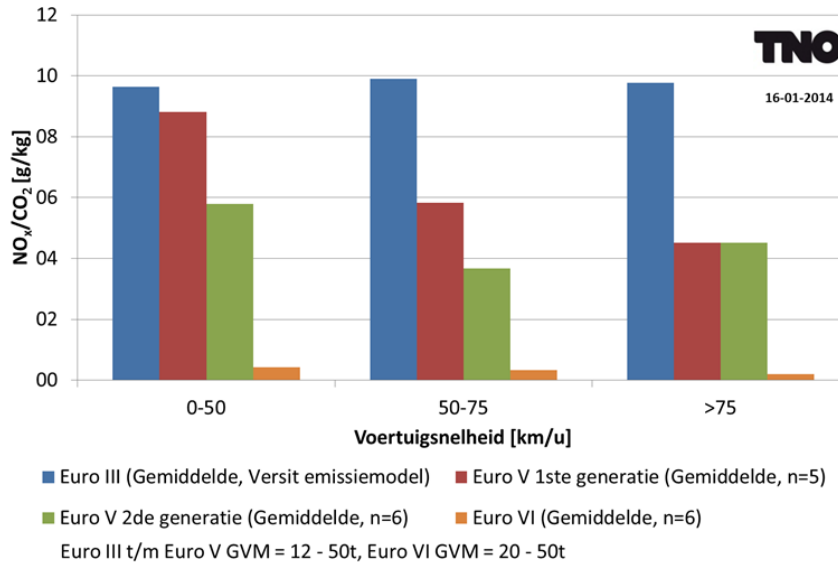
Lage NO_x-uitstoot door nabehandelingssystemen én praktijktest bij typekeuring

Uit metingen blijkt dat de Euro-VI wetgeving heeft gezorgd voor significant lagere praktijkemissies van zware bedrijfsvoertuigen. Gemiddeld genomen is de NO_x-uitstoot van Euro-VI vrachtwagens en bussen in de praktijk sterk afgenomen ten opzichte van Euro-V en eerdere generaties vrachtwagens en bussen, zoals te zien in figuur 11.

Figuur 11 laat de neergaande trend in NO_x-uitstoot van Euro III (2000-2005) naar Euro VI (vanaf 2013) duidelijk zien. Opvallend is dat nabehandelingssystemen eerder al werden toegepast in Euro-V voertuigen, maar daar gemiddeld nog niet leidden tot lage praktijkemissies.

Wel zijn de tweede generatie Euro V voertuig duidelijk schoner dan de eerste generatie Euro V voertuigen. De Euro V wetgeving is in 2005 en 2009 in verschillende stappen geïmplementeerd. In 2009 zijn de eisen rondom NO_x emissies en monitoring van de emissies door het voertuig zelf (OBD) verscherpt, zonder dat de limietwaarden zijn veranderd. Als gevolg hiervan is een tweede generatie Euro V motoren op de markt gekomen met vooral onder stedelijke condities een gemiddeld lagere NO_x uitstoot.

De tot nu toe gemeten Euro-VI vrachtwagens uit de zware categorie (>20ton) laten een forse verdere daling zien van de NO_x-uitstoot ten opzichte van Euro V. Het toevoegen van een praktijktest aan de typegoedkeuring door middel van de zogenaamde In Service Conformity wetgeving heeft ervoor gezorgd dat Euro-VI voertuigen in de praktijk daadwerkelijk flink schoner zijn geworden.



Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
26/36

Figuur 11: Praktijkemissies van Euro-VI vrachtwagens voor lange afstand stoten significant minder NO_x uit dan vorige generaties vrachtwagens.

Reductie fijnstof door roetfilters

Aan de strenge Euro-VI norm voor fijnstof valt alleen te voldoen met een roetfilter. Die worden daarom op alle Euro-VI voertuigen af fabriek gemonteerd. Voor het meten van fijnstof van het wegverkeer in de praktijk bestaat nog geen gereguleerde methode. Op basis van de bewezen robuuste roetfiltertechnologie op Euro-VI voertuigen en de gegeven strenge norm voor de typekeuring van de motor mag echter worden aangenomen dat de fijnstofuitstoot van Euro-VI voertuigen in vergelijking met eerdere generaties sterk is teruggedrongen en bovendien weinig gevoelig is voor de rijomstandigheden.

Bijlage 4: Bepalen van emissieniveaus in de praktijk

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

27/36

Het bepalen van emissieniveaus in de praktijk is belangrijk omdat de praktijkemissies van zowel oude als nieuwe motoren sterk kunnen afwijken van de typekeuringswaarde, zowel positief als negatief. Vooral bij motoren met geavanceerd emissiecontrole systeem of nabehandelingssysteem kunnen de verschillen groot zijn. Consequentie hiervan is dat de waarde volgens de typegoedkeuring in de praktijk een slechte maatstaf kan zijn voor de praktijkuitstoot van het voer- of vaartuig.

In het wegverkeer is gebleken dat zonder controle in de praktijk sommige emissies (met name NOx) veel hoger zijn dan typekeuringswaarde. Met de invoering van Euro VI in het wegverkeer dienen de voertuigen ook in de praktijk te voldoen aan norm, dit blijkt goed te werken (zie bijlage 3).

Bij de binnenvaart wordt de typekeuringswaarde vastgesteld door middel van een laboratoriummeting volgens ISO 8178-1. Deze meting wordt eenmalig gedaan, daarna is er geen controle meer op de emissies. Dit terwijl een motor in de binnenvaart vaak tussen de 15 en 35 jaar mee gaat. Emissieniveaus kunnen afwijken van de typekeuring doordat (bijvoorbeeld):

- de gemiddelde belasting in de praktijk afwijkt van die van de typekeurtest,
- aanpassingen zijn gemaakt aan de motor,
- beperkt onderhoud aan de motor is gepleegd, of
- er een defect is aan een emissie reducerend systeem.

Als een binnenvaartondernemer kan aantonen dat zijn schip, onafhankelijk van het bouwjaar van de motor, binnen een bepaalde bandbreedte (van bijvoorbeeld CCRII functioneert, dan zouden havenbedrijven bijvoorbeeld kunnen overwegen om op basis van deze gegevens te bepalen dat er gevaren mag worden in een gebied waar de minimale eis CCRII is, en/of bijvoorbeeld korting geven op havengelden. Het is dan echter wel belangrijk dat verschillende havenbedrijven dezelfde beoordelingscriteria voor de gegevens handhaven.

Diverse partijen hebben in de praktijk metingen uitgevoerd waarbij motoren die niet CCRII genormeerd waren, wel de CCRII eisen haalden, een voorbeeld hiervan is bijgevoegd in een aparte bijlage: 'SGS rapport Hendrika'.

Het wordt aanbevolen om voor het bepalen van emissieniveaus in de praktijk gebruik te maken van een periodieke formele on-board test volgens ISO 8178-2 of met behulp van On-Board Monitoring (OBM). OBM heeft het voordeel van continue monitoring, hierdoor kunnen de daadwerkelijke real time emissies aangetoond worden. Met name indien er gebruik wordt gemaakt van reducerende maatregelen om aan de CCRII norm te voldoen, wordt een continue monitoring met OBM aanbevolen.

Vereisten meetsysteem

Indien er wordt gekozen om de NO_x emissies in de praktijk aan te tonen met een formele on-board meting, dient er voldaan te worden aan de ISO 8178-2 eisen (zie bijlage 2, paragraaf 3).

Indien er gekozen wordt om met OBM de emissies in de praktijk aan te tonen, wordt voorgesteld om de onderstaande (tabel 15) systeemeisen te hanteren. Het is echter belangrijk om deze eisen in overleg met de branche en overheidsinstanties te bespreken. Samen met Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) is reeds een protocol opgesteld welke beschrijft hoe gemonitord kan worden en welke informatie dan ter beschikking gesteld wordt naar de toezichthouder. De onderstaande tabel is grotendeels in lijn met het reeds opgestelde protocol. Het protocol is terug te vinden in een aparte bijlage: '2014-10 Meetprotokol permanente emissiemetingen final'.

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

28/36

Tabel 15: Vereisten OBM systeem

Systeem certificering	OBM systeem dient gertificeerd te zijn door een onafhankelijk certificeringsbureau
Kalibratie apparatuur	Bij installatie apparatuur, daarna jaarlijks
Absolute afwijking emisisie apparatuur (totale berekening)	Maximaal 20%*
Systeem aan/uit	Tijdens bedrijf van de motor voortdurend operationeel
Sample frequentie	Minimaal 1x per 5s (0,2 Hz)
Voortschreidend gemiddelde van data + duur opslag	ca 48 uur
Te registreren parameters	NO _x , CO ₂ (evt. berekend uit O ₂), brandstofverbruik en motorvermogen (evt. berekend uit brandstofverbruik)**
Output naar onafhankelijke partij voor databeoordeling	<ul style="list-style-type: none"> - Scheeps ENI en motornummer - Maximum vermogen en bijbehorend toerental - Emissieklasse - Evt. storingscode(s) - Elk uur dienen de uurgemiddelden en het voortschreiden gemiddelde over 48 uur geregistreerd te worden van de onderstaande parameters***: <p>Brandstofverbruik in l/u Motorvermogen in kW NO_x in ppm en g/kWh CO₂ in vol% en g/kWh</p>

* Simpele OBM in combinatie met eenmalige formele on-board test zou hieraan ruimschoots kunnen voldoen

** Eventuele uitbreiding met CO, SO_x, HC en CH₄ is optioneel. Met name CH₄ wordt belangrijk in toekomst door de toepassing van dual fuel (aardgas) motoren.

***Parameters mogen berekend en gewogen worden over lastpunten van E3 cyclus, mits er minimaal 10 min per lastpunt beschikbaar is. Daarnaast mag ook het gemiddelde van (minimaal) 48 uur worden gepakt, zonder weging.

PM emissies kunnen nog niet continu gemeten worden, wel kunnen PM emissies on-board worden gemeten. Voor het indicatief aantonen van de PM emissies kan een rookmeting uitgevoerd worden. Als de PM emissies met de limiet (bijv. CCRII) vergeleken worden, wordt aanbevolen om een formele on-board fijnstofmeting uit voeren, volgens ISO 8178-2. Bij de formele meting wordt er gebruik gemaakt van een gravimetrische methode, deze is nauwkeuriger dan een rooktest (zie bijlage 2, paragraaf 4, voor verschil tussen de gravimetrische methode en de rooktest). Optioneel kan de PM emissie vergeleken worden met de limiet middels een rookmeting, het wordt dan aanbevolen om een strengere limiet te handhaven dan de eis. Wat een realistische limiet is dient verder onderzocht te worden.

Zowel de formele fijnstofmeting als de rookmeting kunnen gedaan worden bij de officiële lastpunten van de E2 of E3 cyclus, of bij een lastpunt die representatief is voor de inzet van het schip.

Dataverzameling en beoordeling

In het geval van metingen aan boord zal de toezichthouder inzicht moeten kunnen krijgen in de resultaten van de meting, zowel voor het toekennen van een bepaalde CCR status als voor controle of handhaving. Hiervoor dient de toezichthouder op een gemakkelijke manier de beschikking te krijgen over de data.

In het geval van een formele (periodieke) on-board meting is het belangrijk dat de meetgegevens door een onafhankelijke partij worden beoordeeld. Om de meetgegevens te beoordelen dient er een rapportage van de meetgegevens beschikbaar te zijn. Als er een formele on-board meting uitgevoerd is, wordt hiervan een rapportage beschikbaar gemaakt.

Als er wordt gemeten met een OBM systeem zijn er meerdere mogelijkheden. Een optie kan zijn dat de output van het OBM systeem wordt verzameld in een centrale database. Het OBM vult de database periodiek aan, bijvoorbeeld 1 keer per uur. Een onafhankelijk partij kan de kwaliteit van de data beoordelen en rapportages generen vanuit de database.

Een andere optie is dat het OBM systeem de data lokaal, aan boord van het schip, opslaat. Een onafhankelijke partij of toezichthouder kan de data periodiek of steekproefgewijs opvragen bij de binnenvaartondernemer. Deze onafhankelijke partij of toezichthouder kan vervolgens de kwaliteit van de data beoordelen en een rapportage opstellen.

De genoemde rapportages kunnen bijvoorbeeld aantonen dat een schip voldoet aan de CCRII norm, deze rapportages kunnen dan bijvoorbeeld verstrekt worden aan havenbedrijven.

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

29/36

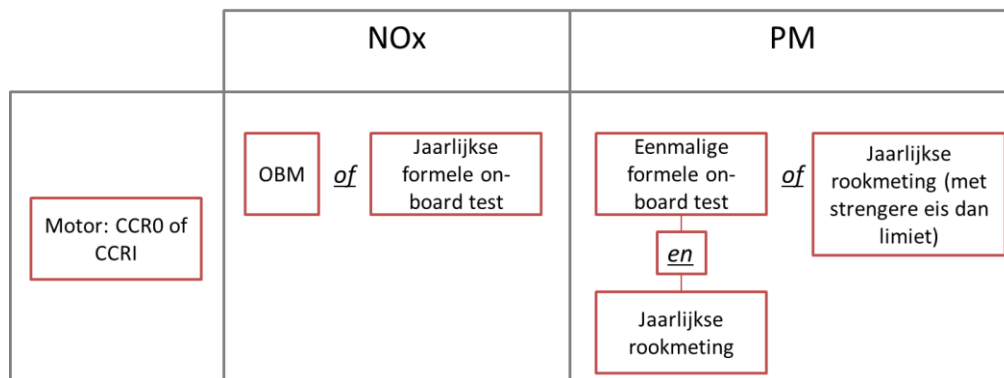
Optie voor beleidsmakers

Als voorbeeld zou een havenbedrijf het onderstaande schema (figuur 12) kunnen gebruiken om te bewaken dat praktijkemissies voldoen aan de CCRII norm. Bij deze optie mag de binnenvaartondernemer ervoor kiezen om de NOx emissies met OBM, of jaarlijks met een formele on-board meting, aantoonbaar te maken. Om aantoonbaar te maken dat de PM emissies voldoen aan de CCRII norm dient er voor motoren CCR0 en CCRI motoren, eenmalig een formele on-board meting volgens ISO 8178-2 uitgevoerd te worden, inclusief de formele gravimetrische deeltjesmeting in combinatie met een rookmeting. Vervolgens dient er jaarlijks met een rookmeting gecontroleerd te worden dat de PM emissies niet verslechterd zijn. Optioneel kan de PM emissie vergeleken worden met de CCRII limiet middels alleen een rookmeting. Dan dient een ruime marge genomen worden in verband met de beperkte nauwkeurigheid van de rookmeting voor het eruit afleiden van een deeltjesmassa.

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
30/36



Figuur 12: Mogelijke structuur voor controle van emissies in de praktijk

Bijlage 5: Aantoonbaar maken van milieumaatregel

Om het effect van een brandstof- en/of emissiereducerende maatregel aantoonbaar te maken is een zeer nauwkeurige methode de meting in het laboratorium op de motorproefstand (zie bijlage 2, paragraaf 2, voor meer informatie over dit type meting). Een laboratorium meting is echter tamelijk kostbaar en niet altijd uitvoerbaar.

Een andere optie is om reducerende maatregelen te testen in de praktijk. In de praktijk zijn er echter veel factoren (belading, stroming, weeromstandigheden etc.) die de emissies en het brandstofverbruik beïnvloeden. Hierdoor is spreiding in emissies en brandstofverbruik zonder dat er een maatregel is toegepast vaak groter dan het effect van een besparende maatregel. Om het effect aantoonbaar te maken is daarom een goed meetprotocol benodigd.

Maatregelen die CO₂ en NO_x reduceren kunnen in de praktijk getest worden met OBM of met een formele on-board 8178-2 meting. Maatregelen die fijnstof reduceren dienen getest te worden met een formele on-board 8178-2 meting als een hoge nauwkeurigheid en een vergelijk met de norm gewenst is, een rookmeting kan toegepast worden indien de nauwkeurigheid minder hoog hoeft te zijn, en het vergelijk met de norm minder relevant is. (zie bijlage 2, paragraaf 4 voor meer informatie over het verschil tussen een officiële fijnstofmeting en een rookmeting).

Figuur 13 geeft een voorbeeld van een meetprotocol om het effect van een brandstof- en/of emissiereducerende maatregel in de praktijk aantoonbaar te maken. De betrouwbaarheid van de meting wordt verbeterd indien er meer herhalingen worden uitgevoerd.

Datum

7 april 2015

Onze referentie

2015-TM-NOT-0100282993

Blad

31/36

Apparatuur	formele on-board test	of	OBM
Belastingspunten	E3 of E2 cyclus	en/of	Representatieve lastpunten
Duur & herhaling	Minimaal 5 minuten per lastpunt	Elke test in totaal 4x herhalen, 2x in beide richtingen varen	
Instructies	Belading gelijk	Varen op vast toerental, 250 meter afstand van andere schepen houden	
	Motor op bedrijfstemperatuur	Verschil in meteocondities (temp + luchtvochtigheid) tussen dag 1 en dag 2 niet groter dan 20%	
Procedure dag 1	Meting zonder maatregel	Meting met maatregel	Meting zonder maatregel
Procedure dag 2	Meting met maatregel	Meting zonder maatregel	Meting met maatregel
Berekening resultaat	Resultaat= meting zonder maatregel – meting met maatregel. Resultaat is geldig als de gem. waarde zonder maatregel + standaarddeviatie niet overlapt met de gem. waarde met maatregel + standaarddeviatie		

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
32/36

Figuur 13: Meetprotocol voor aantoonbaar maken effect van een brandstof- en/of emissiereducerende maatregel in de praktijk

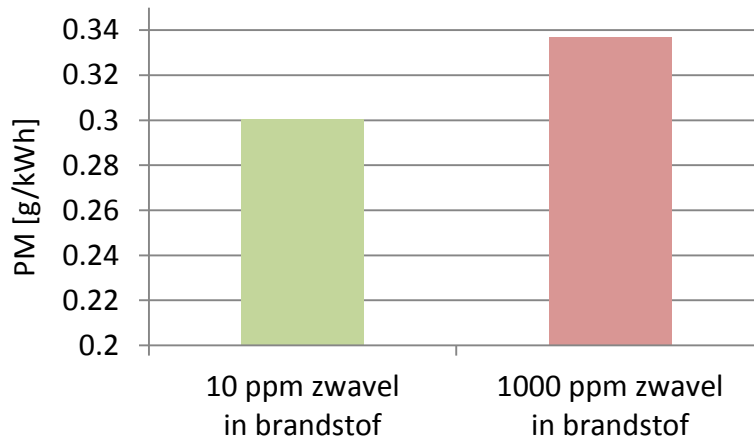
Bijlage 6: Invloed zwavelgehalte in diesel op PM emissies

Het zwavelgehalte in de brandstof heeft een sterk effect op de PM emissies. In 2011 is de binnenvaartsector van 1000 ppm zwavel naar 10 ppm zwavel in de brandstof overgestapt, hiermee is de sector minder fijnstof gaan uitstoten.

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
33/36



Figuur 14: Indicatie van invloed zwavelgehalte in brandstof op PM emissie bij een CCRI schip

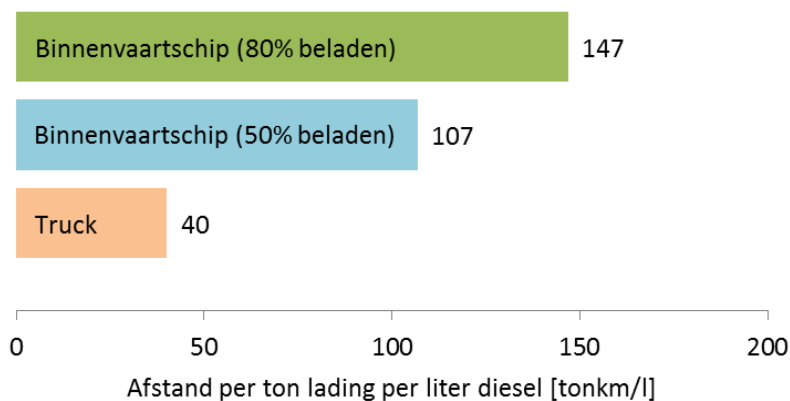
Bijlage 7: Emissies en brandstofverbruik, vergelijk binnenvaart en wegtransport

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
34/36

Het onderstaande figuur geeft aan welke afstand er per ton lading gerealiseerd kan worden met 1 liter diesel.



Figuur 15: Afstand per ton lading, binnenvaartschip vs truck

Het resultaat is sterk afhankelijk van het verbruik per jaar en de beladingsgraad. Er is nu gerekend met 50% en 80% belading op massabasis. Als er bijvoorbeeld lichte goederen worden vervoerd, dan kan de uitkomst sterk veranderen. De gebruikte aannames voor de berekening zijn weergegeven in tabel 16 en 17.

Tabel 16: Aannames voor binnenvaartschip

Binnenvaartschip, type M6			
Belading (massabasis)	[%]	50%	80%
Inzet	[u/j]	2.000	2.000
Lading	[ton]	675	1080
Gem. snelheid	[km/u]	15	15
Afstand	[km/j]	30.000	30.000
Brandstofverbruik	[l/jaar]	190.000	220.000

Tabel 17: Aannames voor truck

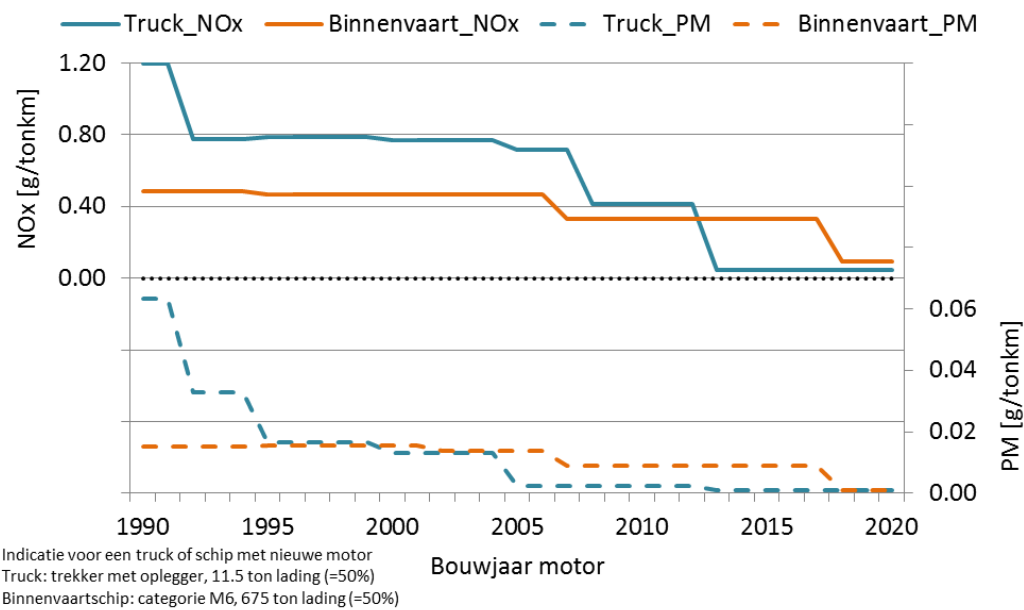
Truck, trekker/oplegger		
Belading (massabasis)	[%]	50%
Totale massa	[ton]	28.5
Lading	[ton]	11.5
Brandstofverbruik	[l/km]	0.3

Datum
7 april 2015

Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
35/36

Figuur 16 geeft de NOx en PM emissies in g/tonkm weer voor een typische truck en een typisch binnenvaartschip, de emissies gelden voor een nieuwe motor. De aannames uit tabel 16 en tabel 17 zijn gebruikt.



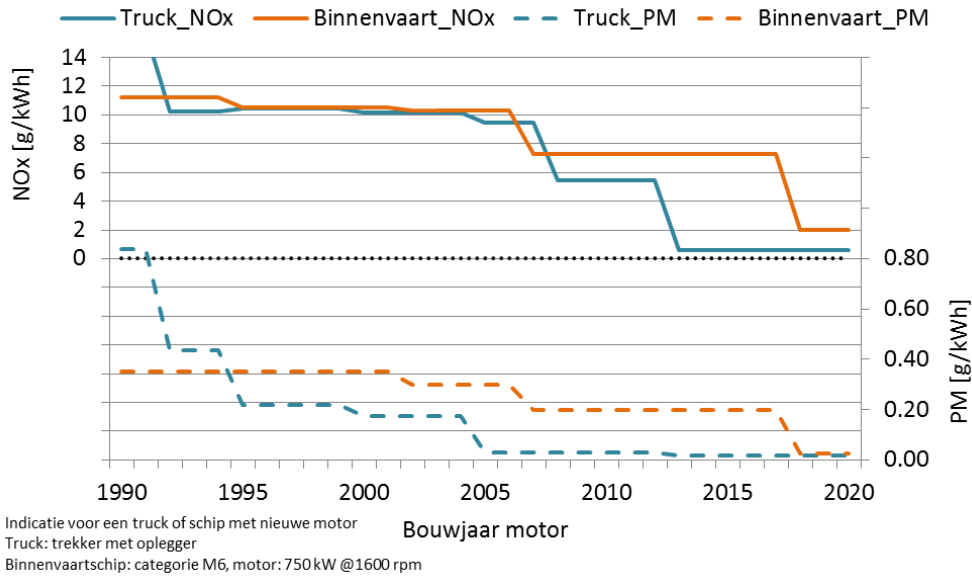
Figuur 16: NOx en fijnstof emissiefactoren in g/tonkm

Figuur 17 geeft de NOx en PM emissies in g/kWh weer voor een typische truck en een typisch binnenvaartschip, de emissies gelden voor een nieuwe motor. De aannames uit tabel 16 en tabel 17 zijn gebruikt.

Datum
7 april 2015

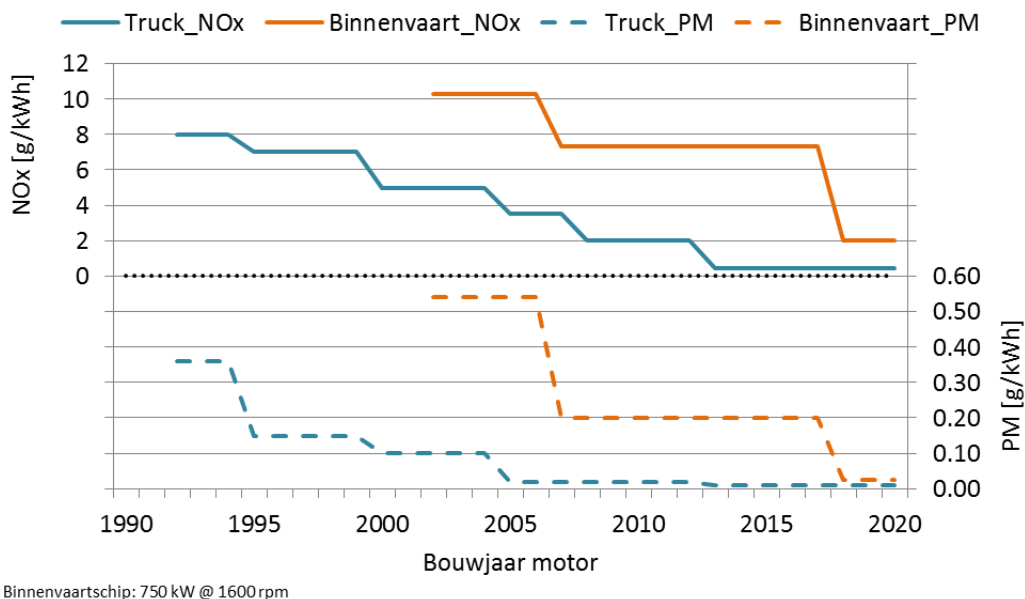
Onze referentie
2015-TM-NOT-0100282993

Blad
36/36



Figuur 17: NOx en fijnstof emissiefactoren in g/kWh

Figuur 18 geeft de NOx en PM emissielimieten in g/kWh weer. Voor het binnenvaartschip wordt uitgegaan van een 750 kW motor bij een toerental van 1600 omwentelingen per minuut. Voor de truck zijn de Euro I t/m Euro VI limieten weergegeven. Voor het schip zijn de CCRI, CCRII en (toekomstige) Stage V limieten weergegeven.



Figuur 18: NOx en fijnstof emissielimieten in g/kWh