



Energy research Centre of the Netherlands

Schone rondvaart Amsterdam

Een verkenning van technische en beleidsmatige mogelijkheden

Hein de Wilde

Ernie Weijers

In samenwerking met

Teti Verhoeff

Monique Jacobs

Henk Blaauw

Meeuwis van Wirdum

ECN-E--08-083

November 2008

Verantwoording

Dit project is uitgevoerd en gerapporteerd in opdracht van de Dienst Binnenwaterbeheer van de Gemeente Amsterdam. Het project is bij ECN geregistreerd onder de werknaam ‘Schone Rondvaart Amsterdam’, met projectnummer 7.7908. De werkzaamheden voor dit project zijn uitgevoerd door Hein de Wilde van de ECN-unit Beleidsstudies en Ernie Weijers van de ECN-unit Biomassa, Kolen & Milieuonderzoek. Het project is uitgevoerd in samenwerking met Teti Verhoeff en Monique Jacobs van de Dienst Binnenwaterbeheer van de Gemeente Amsterdam, Meeuwis van Wirdum van SenterNovem en Henk Blaauw van Dutch Logistic Development b.v.

Tijdens het uitvoeren van de studie zijn de uitgangspunten en aanvankelijke doelstellingen van de studie aanzienlijk bijgesteld op verzoek van de opdrachtgever en in overleg met alle betrokkenen. Het voorliggende rapport betreft een compilatie van resultaten van deze studie, die in overleg met de opdrachtgever zijn geselecteerd. De rapportage voldoet daarom niet noodzakelijkerwijs aan de wijze van vormgeving en opzet zoals die binnen de unit Beleidsstudies gebruikelijk is.

Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Gezondheidseffecten van scheepvaart	7
1.3 Doelstelling	7
1.4 Aanpak	8
2. Emissie van de huidige vloot	9
2.1 Vlootsamenstelling	9
2.2 Emissieberekening	9
2.3 Resultaten emissieberekening	10
2.4 Emissienormen	10
2.4.1 Vergelijking met normen wegverkeer (trucks)	10
2.4.2 EURO-normen wegverkeer	12
3. Technische mogelijkheden schoner varen	15
3.1 Schone motoren	15
3.2 Roetfilters	18
3.3 SCR-DeNox	28
3.4 Gasmotor	34
3.5 Waterstof-brandstofcel	36
3.6 Micro dieselgasturbine	40
3.7 Diesel-Elektrisch	42
3.8 Boegschroef	43
3.9 Oxidatiekatalysator	46
4. Beleidsinstrumenten schonere rondvaart (werkpakket 3)	47
4.1 Aanvangsambitieniveau	47
4.2 Juridische mogelijkheden (stukje Monique en aanvullingen)	47
4.2.1 De Verordening op de haven en het binnenwater 2006 (VHB).	47
4.2.2 De andere relevante verordeningen.	48
4.3 Stimulerende opties	48
4.4 Beleidslijnen	50
4.5 Convenant als alternatief	52
5. Conclusies	53
6. Referenties	55
Bijlage A Emissieraming van de Amsterdamse rondvaartvloot	56

Lijst van tabellen

Tabel 2.1	<i>Overzicht verschillende Euro-normen voor vrachtwagens</i>	13
Tabel 2.2	<i>Door de CCR-grenswaarde voor fase 1 (vanaf 1.1.2002)</i>	14
Tabel 2.3	<i>Door de CCR-grenswaarde voor fase 2 (vanaf 01.01.2008)</i>	14

Lijst van figuren

Figuur 2.1	<i>Vergelijking van de NO_x-emissienormen voor de binnenvaart (in gram NO_x per kWh) met de emissienormen van het wegtransport</i>	11
Figuur 2.2	<i>Vergelijking van de PM₁₀ (roet) emissienormen voor de binnenvaart (in gram PM₁₀ per kWh) met de emissienormen van het wegtransport</i>	11
Figuur 2.3	<i>Vergelijking van zowel de NO_x als de PM 10 (roet) emissienormen voor de binnenvaart (in blauw) met de emissienormen van voor het wegtransport (in rood).</i>	12
Figuur 4.1	<i>Emissienormstelsels wegtransport en binnenvaart en ambitieniveau van schone rondvaart</i>	47

Samenvatting

Rondvaartboten stoten relatief veel schadelijke stoffen uit in vergelijking met het wegverkeer, dat door steeds strengere Europese normen de laatste jaren al aanzienlijk schoner is geworden. Het gaat hierbij vooral om de emissies van NO_x (stikstofoxides) en PM₁₀ (fijn stof, 'roet'). Een gemiddelde bestaande rondvaartboot met dieselmotor stoot in vergelijking met een nieuwe bestelwagen met hetzelfde motorvermogen tot 5 maal meer NO_x uit en tot 50 maal meer PM₁₀ (roet). Doorgaans zijn waterwegen echter op grotere afstand van mensen en gebouwen gelegen dan wegen op land. De uitlaatgassen van schepen zijn dus meestal sterk verdund, zodat vervuilende schepen desalniettemin zelden leiden tot blootstelling aan hoge concentraties schadelijke stoffen. In de Amsterdamse binnenstad bestaat echter een duidelijk andere situatie, omdat de rondvaartroutes juist door het drukke centrum lopen. Daarom is het wenselijk en verdedigbaar dat rondvaartboten substantieel schoner worden. De voorliggende studie heeft hieraan bijgedragen, middels: (1) het in kaart brengen van de technische mogelijkheden om emissies in de rondvaart te reduceren en (2) het aangeven van beleidslijnen waarmee de schone technologie in de vloot zouden kunnen worden geïmplementeerd.

De huidige uitstoot van de gehele Amsterdamse binnenvaartvloot is op jaarbasis geraamd op ongeveer:

NO_x: 40,0 ton/jaar

PM₁₀: 3,0 ton/jaar

CO₂: 3.000 ton/jaar

Rondvaartboten voldoen aan de definitie van een binnenschip als omschreven in Richtlijn 2004/26/EG. Daarmee moeten nieuwe motoren die in rondvaarboten geïnstalleerd worden voldoen aan de emissie-eisen die in deze Richtlijn gesteld worden. Deze emissienormen zijn mild in vergelijking met het ambitieniveau voor emissiereductie in de specifieke Amsterdamse situatie, waarbij de rondvaartroutes in het drukke centrum van de stad zijn gelegen. Bovendien gelden de normen alleen voor nieuwe motoren. Daarom is het wenselijk en verdedigbaar dat aan rondvaartboten substantieel strengere eisen worden gesteld, ook voor bestaande schepen. Een harmonisatie van emissienormen voor de rondvaart met het wegverkeer lijkt op termijn wenselijk.

De Verordening op de haven en het binnenwater 2006 (VHB) van de gemeente Amsterdam biedt de mogelijkheid om strengere eisen te stellen aan de uitstoot van de rondvaartboten dan de Europese richtlijnen, zolang de aanvullende eisen in verhouding staan tot het belang dat daarmee is gediend. Daarnaast is het ook mogelijk om een convenant te sluiten tussen de gemeente Amsterdam en de reders, als alternatief voor bindende regelgeving. Deze optie is in deze studie niet in detail onderzocht.

Tijdens de studie, die heeft geresulteerd in het nu voorliggende rapport, is door de teamleden een ambitieniveau voor uitstoot van de rondvaart geformuleerd voor 2012 en 2018. Harmonisatie van emissienormen voor de rondvaart met het wegverkeer op termijn was daarbij het uitgangspunt. Er zijn vijf beleidslijnen geformuleerd die kunnen worden ingezet om de gewenste lagere uitstoot van de vloot te realiseren.

Er zijn diverse schone technologieën beschikbaar waarmee de emissies van de rondvaart substantieel kunnen worden verlaagd. Deze technologieën zijn aan de hand van 'factsheets' beschreven op basis van: het emissiereducerende effect, de technische haalbaarheid, een kostenraming, de beleidsmatige haalbaarheid, alsmede eventueel beschikbare voorbeelden en demonstratieprojecten. Het gaat hierbij om de volgende schone technologieën: schone nieuwe

motoren, roetfilters, SCR-DeNOx, aardgasmotor, waterstof-brandstofcel, micro (diesel) turbine, diesel-elektrisch (hybride), boegschroeven en oxidatiekatalysator.

De inzet van schone technologieën kan worden gestimuleerd door financiële instrumenten. Op lokaal niveau kan hierbij gedacht worden aan een fonds gekoppeld aan de vermakelijkheidsretributie. Op landelijk niveau bestaan fiscale aftrekregelingen voor ondernemers die investeren in milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen (MIA/VAMIL) alsmede een subsidieregeling dieselmotoren voor binnenvaartschepen (VERS). De gemeente Amsterdam zou een rol kunnen spelen bij het toegankelijk maken van deze regelingen voor de rondvaartreders.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Verkeer is de belangrijkste bron van fijn stof en stikstofoxide in Amsterdam. De emissie van deze stoffen tast de gezondheid aan, leidt tot overschrijding van luchtkwaliteitsnormen en kan bouwprojecten belemmeren. In het Actieplan Luchtkwaliteit Amsterdam zijn daarom, naast algemene maatregelen, vijftig acties opgesteld om de luchtkwaliteit te verbeteren. Eén van deze acties betreft het verminderen van de emissie van passagiersvaartuigen in de stad. Het ambitieniveau is hierbij hoog. Dit is belangrijk omdat rondvaartboten relatief veel schadelijke stoffen uitstoten in vergelijking met het wegverkeer dat door steeds strengere Europese normen de laatste jaren al aanzienlijk schoner is geworden. Daarbij komt dat vervuilende voertuigen geleidelijk zullen worden geweerd uit de stad door het milieuzoneringsbeleid. Ook de rondvaart is daarom nu aan zet om schoner te worden, inclusief de emissies van de bestaande vloot. Het nu voorliggende rapport geeft een verkenning van technische en beleidsmatige mogelijkheden om de Amsterdamse rondvaart schoner te maken. Dit onderzoek heeft plaatsgevonden in het kader van het project *Schoner Varen Passagiersvaart*, dat onderdeel uitmaakt van het *Actieplan Luchtkwaliteit Amsterdam*.

1.2 Gezondheidseffecten van scheepvaart

De directe gezondheidseffecten van emissies van scheepvaart zijn doorgaans kleiner dan de effecten van vergelijkbare emissies door het wegverkeer. Dit komt omdat waterwegen doorgaans op grotere afstand van mensen en gebouwen zijn gelegen dan wegen op land. Als gevolg hiervan zijn de uitlaatgassen van scheepvaart meestal meer verdund met de buitenlucht en leiden daarom ook tot een lagere blootstelling aan uitlaatgassen die worden ingeademd. Om deze reden speelt de binnenvaart meestal geen belangrijke rol in de discussie over het overschrijden van de EU luchtkwaliteitseisen in stedelijke gebieden. Op lokale schaal, in het bijzonder in enkele steden langs de Rijn (waaronder Rotterdam, Nijmegen en Keulen) varen de binnenschepen wél op korte afstand van grote concentraties mensen. In deze gebieden wordt de lokale bevolking dus wel degelijk blootgesteld aan substantiële emissies uit de binnenvaart (De Wilde en Bleeker, 2006).

In de Amsterdamse binnenstad bestaat een vergelijkbare situatie, omdat de rondvaartroutes juist ook door het drukke centrum lopen. Daarom is het ook wenselijk en verdedigbaar dat aan rondvaartboten substantieel strengere eisen worden gesteld dan de algemeen geldende emissienormen voor de binnenvaart. Gegeven de locatie in het centrum van de rondvaartboten lijkt een harmonisatie van emissienormen met het wegverkeer op termijn wenselijk.

1.3 Doelstelling

De voorliggende studie heeft bijgedragen aan het traject om de Amsterdamse rondvaartvloot substantieel schoner maken middels: (1) het in kaart brengen van de technische mogelijkheden om emissies in de rondvaart te reduceren en (2) het aangeven van beleidslijnen waarmee de schone technologie in de vloot zouden kunnen worden geïmplementeerd. De studie is primair gericht op de uitstoot van de luchtverontreinigende componenten fijn stof (PM_{10}) en stikstofoxiden (NO_x), terwijl daarnaast rekening gehouden wordt met de emissie van het broeikasgas kooldioxide (CO_2).

1.4 Aanpak / leeswijzer

De studie is uitgevoerd op basis van de in het onderstaande beschreven stappen, die tevens als een leeswijzer kunnen worden beschouwd:

Evaluatie van de vloot (hoofdstuk 2)

Het in kaart brengen van: (i) de huidige emissie van de rondvaartvloot en (ii) het ramen van de toekomstige emissies, alsmede een analyse op hoofdlijnen van:

- De rondvaartvloot en de aanwezige infrastructuur.
- De verschillende aandrijfconcepten, motoren en brandstoffen en bijbehorende uitlaatgasemissiefactoren, geclassificeerd in een beperkt aantal representatieve categorieën.
- Het brandstofverbruik, alsmede een kwalitatief beeld van het vaargedrag.

Technische oplossingsrichtingen voor schonere schepen (Hoofdstuk 3)

De verschillende technische mogelijkheden zijn uitgewerkt in factsheets, met voor de verschillende technologieën ondermeer een overzicht van: het emissieproductiepotentieel, de kosten en de haalbaarheid.

Beleidsinstrumenten richting schonere rondvaart (Hoofdstuk 4)

Een evaluatie van de mogelijkheden om de gewenste emissiereductiedoelen te realiseren. Het gaat hierbij enerzijds om juridische mogelijkheden om schonere schepen af te dwingen en anderzijds om positieve maatregelen en instrumenten om reders te motiveren tot installatie van schone technologieën.

Een overzicht van de belangrijkste resultaten is te vinden in Hoofdstuk 5 (conclusies).

2. Emissie van de huidige vloot

2.1 Vlootsamenstelling

De Amsterdamse vloot van rondvaartschepen en andere bemande vaartuigen die worden verhuurd beslaat ruim 150 schepen. Voor deze studie is gebruik gemaakt van de lijst 'Rederijgegevens 2008' van de Dienst Binnenwaterbeheer van de gemeente Amsterdam (zie Appendix). Uit deze lijst blijkt dat de ca. 150 hier geregistreerde vaartuigen in bouwjaar variëren van 1887 tot zeer recent. De vaartuigen van de rondvaartvloot kunnen worden onderverdeeld in de welbekende groep van traditionele rondvaartboten (lage schepen met banken, voorzien van een vrijwel geheel transparante overkapping, die de hele dag door rondjes varen), alsmede de groep van 'overige' schepen die voor onder andere groepsvervoer worden ingezet. Verreweg de meeste schepen zijn voorzien van een dieselmotor waaronder circa 20 schepen die varen op puur plantaardige olie (ppo). Ongeveer tien schepen zijn voorzien van een aardgasmotor. Daarnaast varen ook nog een beperkt aantal elektrische- of diesel-elektrische schepen rond. Een meer gedetailleerde beschrijving van de vlootopbouw is gegeven in Swart et al., 2008.

2.2 Emissieberekening

De berekening is gemaakt op basis van gegevens uit het bestand 'Rederijgegevens 2008' (BBA, 4 februari jl.). De volgende parameters hieruit zijn gebruikt:

- type vaartuig: rondvaartboot of overig (groepsvervoer),
- motorvermogen (indien gegeven),
- afmetingen,
- bouwjaar.

Indien het motorvermogen niet vermeld was, is dit geschat op basis van de afmeting van het betreffende vaartuig. Het benodigde vermogen voor het varen in de grachten is geschat op 35% (van het maximaal vermogen).

Op een enkele uitzondering na zijn alle rondvaartboten gebouwd in de vorige eeuw; sommige zelfs in de eeuw ervoor. Voor de emissieberekening per vaartuig zijn de CCR1-coëfficiënten voor NO_x en fijn stof gehanteerd.

Het aantal vaaruren voor een traditionele rondvaartboot is vastgesteld op gemiddeld 1025 uur in het hoogseizoen en 525 uur voor de resterende periode (totaal: 1550 per jaar; persoonlijke communicatie H. Blaauw, DLD). Voor de overige boten is 525 uur per jaar aangehouden.

De vermenigvuldiging van de emissiefactor en het aantal vaaruren geeft de emissie per vaartuig per jaar. Door sommatie over alle boten wordt vervolgens de jaaremmissie van de gehele vloot verkregen.

Motorvermogens die niet zijn vermeld in het bestand 'Rederijgegevens 2008' van de Dienst Binnenwaterbeheer van de gemeente Amsterdam, zijn geschat op basis van de relatie tussen de scheeps lengte en het motorvermogen, zoals afgeleid voor de andere schepen. Eventuele fouten in deze schatting hebben weinig invloed op de totale emissie van de hele vloot; zeker omdat de boten op deellast varen (gemiddeld wordt tijdens het varen maar 35% van het maximale vermogen van de motor ingezet).

De gekozen emissiecoëfficiënten en eventuele fouten in bouwjaar hebben weinig effect omdat de verschillen in emissies van motoren t/m 2006 heel gering zijn (relatief allemaal hoge emissies; weinig verschil tussen oude en relatief nieuwe motoren tot bouwjaar 2006).

In de bijlage bij dit rapport is de spreadsheet met berekeningen en aannames gegeven.

2.3 Resultaten emissieberekening

Bovenstaande berekeningen leiden tot een voorlopige schatting van de NO_x en de PM₁₀ emissie van de huidige rondvaartvloot. Inclusief de emissies van de aardgasboten zijn de jaaremissies van de gehele vloot geraamd op 40 ton (NO_x), 3 ton (PM) en 3000 ton (CO₂).

2.4 Emissienormen

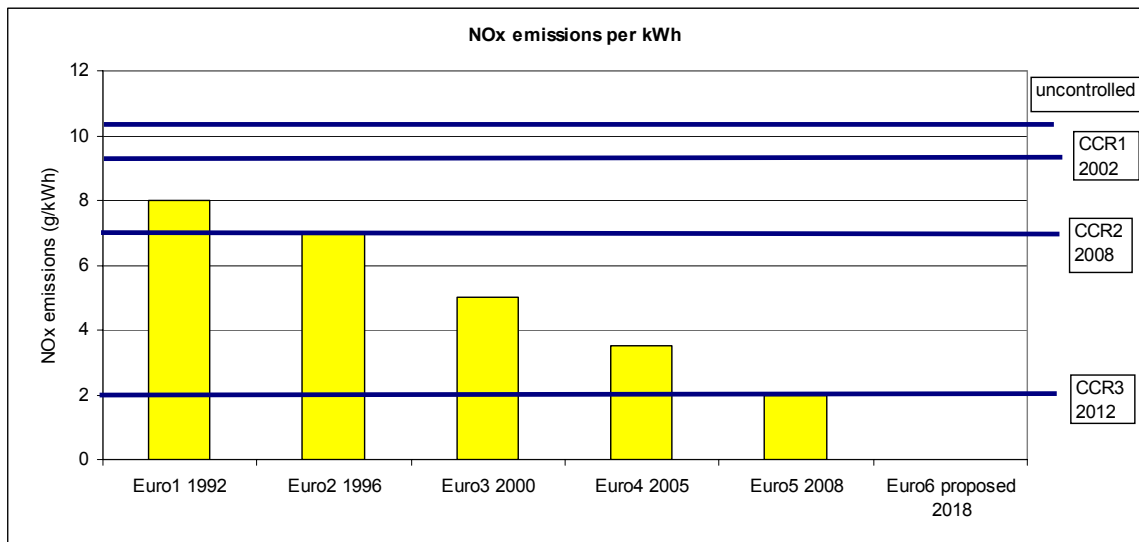
In West Europa bestaan er voor de binnenvaart twee instanties die emissies wetgeving kunnen doen uitgaan: de Europese Unie (EU) en de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) (zie ook De Wilde et al., 2006). De emissiewetgeving van de CCR geldt in principe alleen voor 'Rijnvaart gecertificeerde' schepen en dus niet voor de gemiddelde rondvaartboot. In het hiernavolgende worden eerst de door de EU uitgevaardigde normen beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op de CCR-normen.

Rondvaartboten voldoen aan de definitie van een binnenschip als omschreven in Richtlijn 2004/26/EG. Daarmee moeten nieuwe motoren die in rondvaarbotten geïnstalleerd worden voldoen aan de emissie-eisen die in deze Richtlijn gesteld worden. De gemeente Amsterdam heeft echter de mogelijkheid om een strengere emissienorm op te leggen aan de rondvaart (zolang tegelijkertijd minimaal aan de relevante EU-norm wordt voldaan). Deze mogelijkheid geboden door de Verordening op de haven en het binnenwater 2006 (VHB) van de gemeente Amsterdam. In deze verordening is bepaald dat er vergunning nodig is om met passagiers te mogen varen (artikel 2.4.5 VHB). Daarnaast is er bepaald dat er, ter bescherming van de belangen die ten grondslag liggen aan het vergunningvereiste, voorschriften en beperkingen kunnen worden verbonden aan de vergunning (artikel 1.2.6 lid 2). Een van de belangen die worden genoemd is milieu. En er is bepaald dat de vergunning kan worden ingetrokken of gewijzigd indien "op grond van een verandering van omstandigheden of inzichten intrekking of wijziging nodig is vanwege een belang, of de belangen ter bescherming waarvan de vergunning of ontheffing is vereist;" (artikel 1.2.8 lid 1 sub c).

Er kunnen dus specifiek Amsterdamse eisen worden gesteld aan de milieuvriendelijkheid van de passagiersvaartuigen. Die eisen kunnen ook worden aangescherpt als dat nodig blijkt. Uiteraard is er geen volledige vrijheid om eisen te stellen, die vrijheid wordt beperkt door de algemene beginselen van behoorlijk bestuur: redelijkheid en billijkheid, rechtsgelijkheid en gelijke behandeling, de eisen (en de gevolgen die ze hebben voor de vergunninghouder) moeten in verhouding staan tot het belang dat daarmee is gediend.

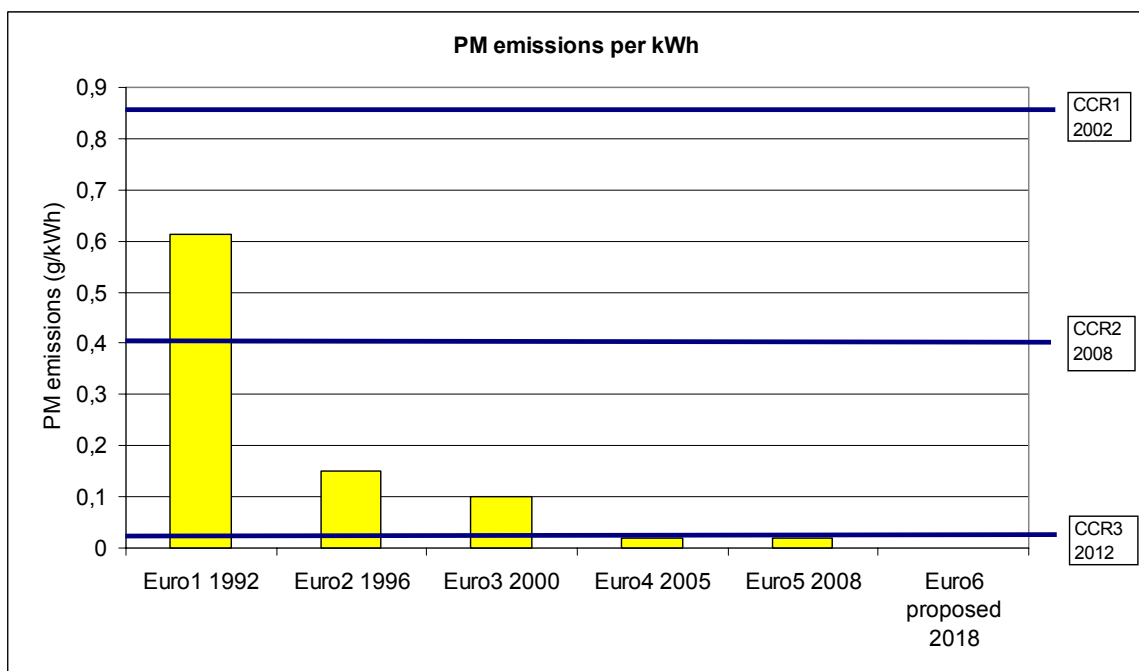
2.4.1 Vergelijking met normen wegverkeer (trucks)

De emissies van binnenvaartschepen zijn hoog in verhouding tot de emissies van vergelijkbare dieselmotoren in het wegverkeer. Dit wordt zichtbaar in de onderstaande drie figuren waarin een vergelijking gemaakt is tussen enerzijds de emissienormen voor de binnenvaart volgens de CCR (Centrale Commissie voor de Rijnvaart) en anderzijds de Euronormen voor vrachtwagens zoals opgesteld door de Europese Commissie.



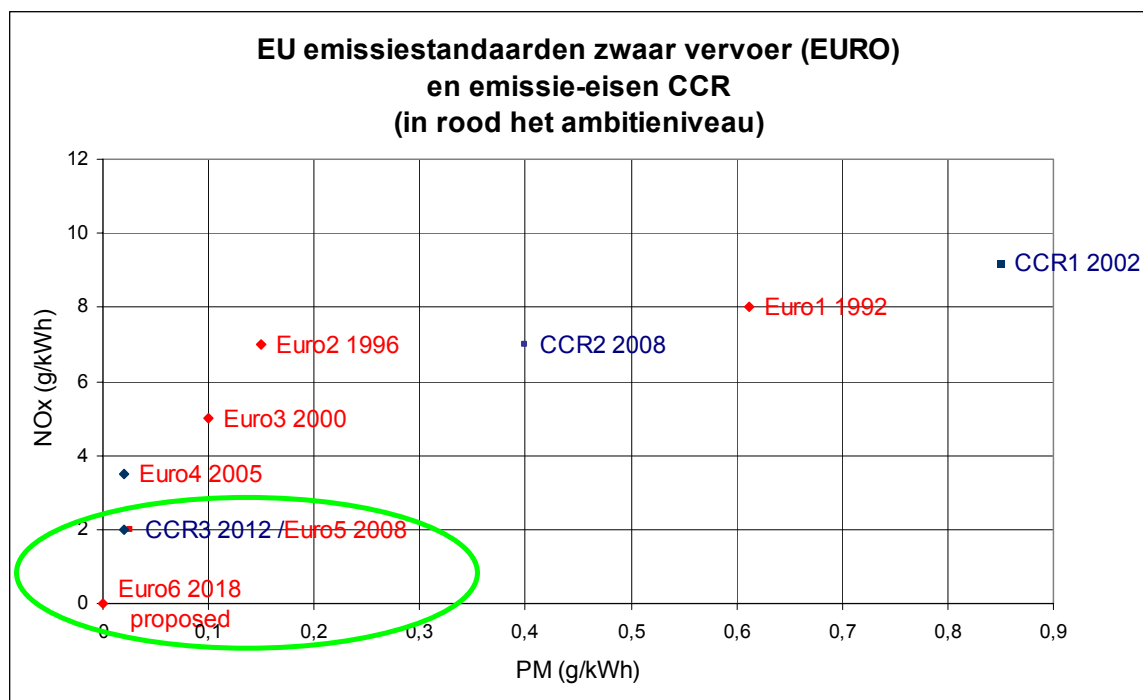
Figuur 2.1 *Vergelijking van de NO_x-emissienormen voor de binnenvaart (in gram NO_x per kWh) met de emissienormen van het wegtransport*

Noot: De verticale gele kolommen geven de NO_x-emissienormen in het wegtransport in verschillende jaren. De blauwe horizontale lijnen geven de emissie voor de binnenvaart in verschillende jaren. Het betreft hier de normen voor nieuwe schepen en vrachtwagens. De figuur laat zien dat de huidige NO_x-emissienormen voor nieuwe vrachtwagens ongeveer drie maal strenger zijn dan voor nieuwe schepen.



Figuur 2.2 *Vergelijking van de PM₁₀ (roet) emissienormen voor de binnenvaart (in gram PM₁₀ per kWh) met de emissienormen van het wegtransport*

Noot: De verticale gele kolommen geven de PM₁₀-emissienormen in het wegtransport in verschillende jaren. De blauwe horizontale lijnen geven de emissie voor de binnenvaart in verschillende jaren. Het betreft hier de normen voor nieuwe schepen en vrachtwagens. De figuur laat zien dat de huidige PM₁₀-emissienormen voor nieuwe vrachtwagens ongeveer 20 maal strenger zijn dan voor nieuwe schepen.



Figuur 2.3 *Vergelijking van zowel de NO_x als de PM 10 (roet) emissienormen voor de binnenvaart (in blauw) met de emissienormen van voor het wegtransport (in rood).*

Noot: Duidelijk te zien is dat verder in de tijd de normstelling steeds strenger wordt, waarbij het wegverkeer een 'voorsprong' van vijf tot tien jaar heeft op de binnenvaart. De groene cirkel geeft het ambitieniveau weer voor de toekomstig gewenste emissies van de Amsterdamse rondvaart, dat het projectteam bij het begin van deze studie voor ogen had.

2.4.2 EURO-normen wegverkeer

De Europese Unie heeft sinds begin jaren '90 verplichte grenswaarden gesteld aan de emissies van nieuw op de markt te brengen vrachtauto's. De eerste normstelling (Euro1) trad in 1992 in werking en had betrekking op de emissies van stikstofoxiden (NO_x), koolwaterstoffen (HC), koolmonoxide (CO) en fijnstof (PM₁₀). Deze normen zijn in 1996 (Euro-2), 2000 (Euro 3) en 2005 (Euro 4) verder aangescherpt. Deze typekeuringseisen zijn in de nationale wetgevingen opgenomen. Voor vrachtwagens en bussen worden op dit moment de EURO-4 normen gehanteerd en inmiddels wordt in de EU gedacht en gewerkt aan het vaststellen van de Euro 6-norm.

Voor zware voertuigen worden, in tegenstelling tot lichte voertuigen, de emissies van de motor en niet van het voertuig gereguleerd. De Europese wetgevende basis voor de emissienormering van zware voertuigen is Richtlijn 88/77/EEC (Euro 0), die geamendeerd is door 91/542 (Euro1 en Euro2) en Richtlijn 1999/96/EC betreffende de Euro 3, 4 en 5 voor de jaren 2000 tot 2008. In deze richtlijn zijn tevens emissienormen vastgelegd voor lage emissievoertuigen (EEV, enhanced environmentally friendly vehicle).

Sinds de Euro3 standaard bestaan twee testcycli: ESC (European Stationary Cycle) en de meer dynamische ETC (European Transient Cycle). Voor de type-goedkeuring van nieuwe voertuigen met dieselmotor van de Euro3 standaard heeft de fabrikant de keuze tussen beide testcycli. Voor de typegoedkeuring van Euro4 en EEV zijn de emissies verplicht genormeerd volgens de twee cycli. De volgende tabel bevat de emissiewaarden voor de verschillende Euronormen¹ en hun implementatiedata volgens de beide testcycli.

¹ Helaas is het zo dat het belangrijkste broeikasgas CO₂ niet is opgenomen in de Euro normen. De auto-industrie had beloofd om vrijwillig de uitstoot van CO₂ te beperken tot gemiddeld 140 gram per kilometer in 2008. Inmiddels is duidelijk dat dit niet zal worden gehaald.

Een overzicht van de verschillende Euro normen voor vrachtwagens is te zien in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Overzicht verschillende Euro-normen voor vrachtwagens*

EU Emissie Standaarden Zwaar Vervoer Diesel motoren, g/kWh							
Tier	Date & Category	Test Cycle	CO	HC	NO _x	PM	Smoke
Euro I	1992, <85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, >85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25	
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	1999.10, <i>EEVs only</i>	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	2000.10	ESC&ELR	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13*	0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5

* for engines of less than 0.75 dm³ swept volume per cylinder and a rated power speed of more than 3000 min⁻¹

Emissie Standaarden Diesel and Gas motoren, ETC Test, g/kWh							
Tier	Date & Category	Test Cycle	CO	NMHC	CH ₄ ^a	NO _x	PM ^b
Euro III	1999.10, <i>EEVs only</i>	ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
	2000.10	ETC	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 0.21 ^c
Euro IV	2005.10		4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
Euro V	2008.10		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03

a For natural gas engines only
b not applicable for gas fueled engines at the year 2000 and 2005 stages
c for engines of less than 0.75 dm³ swept volume per cylinder and a rated power speed of more than 3000 min⁻¹

¹ NMHC=non-methane hydrocarbon.

De euronormen zijn zeer effectief gebleken in het terugbrengen van de emissies door het wegvervoer. In Nederland is de uitstoot van NO_x en PM₁₀ sinds 1992 met respectievelijk 22 en 63 procent afgenomen. Eind 2005 was ruim 80 procent van het Nederlandse vrachtautopark uitgerust met een Euro-2, 3, 4 of 5 motor. Op korte tot middellange termijn zijn de euronormen voor dieselmotoren de belangrijkste en meest effectieve maatregel om emissies van NO_x en PM₁₀ terug te dringen.

CCR emissie normen voor scheeps(diesel)motoren

Ook de CCR ontwerpt bindende normen maar dan speciaal gericht op de binnenvaart. Een overzicht van de emissienormen voor fase 1 (vanaf 2002) is gegeven in onderstaande tabel 2. Daarnaast zijn in dezelfde tabel de fase 2 normen gegeven (vanaf 2008). Het betreft hier motoren voor nieuwe schepen met een nominaal vermogen (P_n) gelijk aan of groter dan 37 kW (fase 1) of 18 kW (fase 2) die geïnstalleerd zijn aan boord van vaartuigen of die ingebouwd zijn in zich aan boord bevindende werktuigen. De grenswaarden gelden voor koolmonoxide (CO), koolwaterstoffen (HC), stikstofoxiden (NO_x) en deeltjes (hier aangeduid als PT).

Tabel 2.2 Door de CCR-grenswaarde voor fase 1 (vanaf 1.1.2002)

Pn [kW]	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO_x [g/kWh]	PT [g/kWh]
37 ≤ Pn < 75	6,5	1,3	9,2	0,85
75 ≤ Pn < 130	5,0	1,3	9,2	0,70
Pn ≥ 130	5,0	1,3	n ≥ 2800 min⁻¹ = 9,2	0,54
			500 ≤ n < 2800 min⁻¹ = 45 n^(-0,2)	

Tabel 2.3 Door de CCR-grenswaarde voor fase 2 (vanaf 01.01.2008)

Px [kW]	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO_x [g/kWh]	PT [g/kWh]
18 ≤ Pn < 37	5,5	1,5	8,0	0,8
37 ≤ Pn < 75	5,0	1,3	7,0	0,4
75 ≤ Pn < 130	5,0	1,0	6,0	0,3
130 ≤ Pn < 560	3,5	1,0	6,0	0,2
	3,5	1,0	n ≥ 3150 min⁻¹ = 6,0	0,2
			343 ≤ n < 3150 min⁻¹ = 45 n^(-0,2) -3	
			n < 343 min⁻¹ = 11,0	

De EURO (truck) en CCR (binnenvaart) standaarden gaan uit van maximum emissies per kWh energieverbruik (zie Figuur 2.1, Figuur 2.2 en Figuur 2.3).

Er is dus een aanzienlijke achterstand voor de binnenvaart: in 2012 moeten binnenvaartmotoren voldoen aan een emissienorm die vergelijkbaar is met de Euro-4 norm voor het wegverkeer. Dat is dus de norm die in 2005 al is ingegaan voor nieuwe vrachtwagens.

Bovenstaande richtlijnen hebben betrekking op de emissie-eisen van een emissiearme dieselmotor. Een emissiearme motor moet voldoen aan de fase II eisen zoals vastgesteld door de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) of zoals bepaald in de EU-richtlijn 97/68/EG, laatst gewijzigd door richtlijn 2004/26/EG. Voor de CCR-richtlijnen zijn de documenten met de naam CCR2003 en CCR2005 van toepassing.

3. Technische mogelijkheden schoner varen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste technische opties beschreven waarmee de emissies van rondvaartboren kunnen worden verlaagd. De opties zijn beschreven in de volgende factsheets.

3.1 Schone motoren

Vervanging motor door nieuwe Euro 5 (CCR3) motor	
Korte technische omschrijving	<p>Mede onder de invloed van Europese normstelling voor het wegverkeer (EURO-normen) heeft de dieseltechnologie zich de laatste jaren sterk ontwikkeld. Moderne diesels, die voldoen aan de EURO5-norm voor vrachtwagens zijn voorzien van nageschakelde technologie. Om aan de normen te voldoen hanteren motorfabrikanten twee strategieën. Bij de ene strategie worden de motoren worden afgesteld op lage roetemissie, waarbij NO_x met een SCR systeem wordt verwijderd (zie aparte factsheet). Bij de andere strategie, die door enkele fabrikanten wordt toegepast, wordt gekozen voor een motor-concept met relatief lage NO_x uitstoot, door toepassing van uitlaatgasrecirculatie, gekoppeld aan een (CRT) roetfilter om aan de normen voor roetuitstoot te voldoen (zie aparte factsheet). Deze laatstgenoemde strategie lijkt voor de rondvaart het meest gunstig, omdat daar de motoren laag worden belast. Het eerste concept van het “heet” afstellen van de motor, waarbij er weinig roet gevormd wordt zal onder condities van lage belasting lastig te realiseren zijn. Om te voldoen aan de toekomstige nog strengere EURO-6 norm is het aannemelijk dat fabrikanten hun motoren zullen voorzien van zowel een roetfilter als een SCR installatie. De uitstoot van dieselmotoren is op deze wijze sterk afgenomen en zal in de toekomst nog verder afnemen. Thans zijn voor vrachtauto's motoren beschikbaar die voldoen aan de EURO 5 norm. De Euro 5 norm voor het wegverkeer is vergelijkbaar met de toekomstige CCR3 emissienorm voor de binnenvaart. Motoren die aan deze norm voldoen hebben - <u>althans bij de geldende testcycli</u> - een 4-5 maal lagere NO_x emissie en een 20-40 maal lagere PM₁₀ emissie, in vergelijking met de huidige generatie motoren in de rondvaart (van vóór 2006). De emissiekenmerken van deze nieuwe Euro 5 motoren onder de praktijk vaarcondities zoals geldend in de rondvaart (lage vermogensinzet), dient nog verder onderzocht te worden. De emissiefactoren op basis van het emissieprofiel bij lage vermogens in de testcyclus zijn hier van belang (wordt nog naar gekeken). Naar verwachting zal de NO_x emissie bij lage motorvermogens niet hoger zijn dan onder gangbare testcondities. De PM₁₀ emissie kan daarentegen mogelijk substantieel hoger zijn bij de relatief lage vermogensinzet, zoals gangbaar in de rondvaart.</p>

Effect emissiereductie		
	<i>Op basis van testcyclus vrachtwagen</i>	<i>Rondvaart praktijkcondities</i>
Fijn stof, PM ₁₀ kton	0,02 g/kWh (20-40 x lager; zie Fig. 1 en 3)	nader te bepalen; zie bovenstaande tekst over motorbelasting
Stikstofoxiden, NO _x	0,2 g/kWh (4-5 x lager; zie Fig. 2 en 3)	nader te bepalen; zie bovenstaande tekst over motorbelasting
Brandstofverbruik, CO ₂	5-10% beter	5-10% beter
Technische haalbaarheid		
Marktrijpheid en beschikbaarheid	Motoren zijn beschikbaar voor wegverkeer; de meeste binnenvaartmotoren zijn ‘gemaritimiseerde’ versies van motoren wegtransport, waarbij met name de overbrenging (keerkoppeling ²) en dus niet de motor zelf wordt aangepast; milieuprestaties bij lage toeren essentieel aandachtspunt; zie tekst in de “korte technische omschrijving”.	
Operationele aspecten (prestatie, actieradius etc.)	Tenminste gelijk aan prestaties oude motoren	
Ruimtebeslag en andere praktische randvoorwaarden inbouw	Geen grote problemen verwacht	
Technische levensduur	Goed, vergelijkbaar met bestaande motoren. Bij gemiddeld rondvaart gebruik en normaal onderhoud mag een levensduur van ca. 10 jaar verwacht worden.	
Temperatuureisen uitlaatgas?	Bij lage toerentallen, zoals gebruikelijk in de rondvaart, zal mogelijk veel roet worden gevormd in de motor. Bovendien zal het bij deze generatie motoren meestal in de motor geïntegreerde roetfilter minder presteren bij lage motorbelasting. Specifieke informatie uit de testcyclus voor lage motorvermogens is dus essentieel. Wellicht kunnen de geïntegreerde roetfilters worden geoptimaliseerd voor de vaarprofielen van de rondvaart en de daarbij behorende relatief lage temperaturen van het uitlaatgas (zie volgende factsheet over roetfilters).	
Noodzakelijke externe voorzieningen	Geen	
Overige barrières/randvoorwaarden	Schone laagzwavelige brandstof (EN590 of beter)	
Kostenraming		
Aanschafkosten technologie	Meerkosten van een Euro5-motor (motorvermogen 300 kW) ten opzichte van een Euro4 motor bedragen naar voor een vrachtwagen naar schatting tussen € 1000 en 3000 (bron: ECN factsheets optiedocument 2005). Transport en Logistiek Nederland (www.tln.nl; 2008) meerkosten truckmotor voor Euro 5 tussen de 7.000 – 12.000 euro. Omdat het in de rondvaart om kleinere motoren gaat (ca. 80 kW) zullen de meerkosten hier lager zijn. In het geval dat het gaat om kleinere aantallen motoren, die speciaal voor de rondvaart zouden worden aangepast, dan brengt dit extra kosten met zich mee.	
Verbruikskosten	Bij Euro 5 type motoren zonder SCR DeNOx: geen. Echter het brandstofverbruik neemt wel toe met ongeveer 1-2 %. Bij Euro 5 type motoren met geïntegreerde SCR-DeNOx: kosten voor ureumverbruik (zie factsheet SCR-DeNOx).	

² De keerkoppeling vormt de overbrenging tussen de motor en de schroef; waarbij gewisseld kan worden tussen vooruit en achteruit varen. Noor de draairichting van de schroef om te keren.

onderhoudskosten	In vergelijking met de huidige motoren nemen de onderhoudskosten iets toe
Afschrijvingskosten per jaar bij verwachte levensduur	Zie notitie DLD.
Beleidsmatige haalbaarheid	
Instrumenteerbaarheid / afdwingbaarheid	Goed; op basis van normstelling of convenanten eenduidige eis met typekeur
Handhaafbaarheid	Goed; op basis van typekeur. Bij de installatie zijn er vaste emissiekenmerken van de motor bekend. De motorfabrikant heeft dit immers moeten aantonen in bepaalde testcycli, bij verschillende stationaire en wisselende motorbelastingen. Dit in tegenstelling tot retrofit van een bestaande motor, waarbij minder goed bekend is wat de emissie van de motor-filtercombinatie is.
Maatschappelijke acceptatie	Gemiddeld; 'level playing field' in vergelijking met emissienormen en milieuzonering van wegverkeer. Stankoverlast van typische geurcomponenten dieselrook is ook lager door betere verbrandingskenmerken (o.a. door de modernere verstuivers voor de brandstofinjectie). Als de motor, net als in voertuigen, ook beter is afgeschermd met geluidsisolatie, zal de geluidsoverlast ook minder zijn.
Draagvlak bij de reders (optioneel)	-
Overige beleidsaspecten	Norm opnemen voor geluidsemissie en eventueel geur (m.b.t. inzet biodiesel of ppo).
Overige onzekerheden/randvoorwaarden	
-	
Voorbeelden en demonstratieprojecten (eventueel in appendix)	
-	

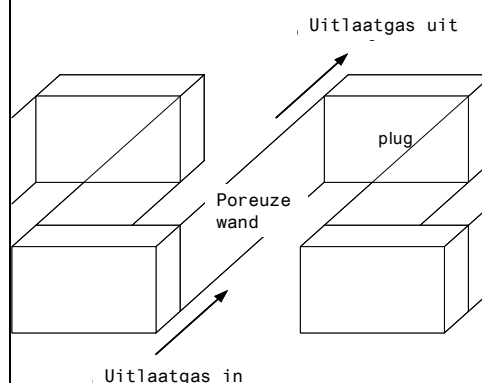
3.2 Roetfilters

Schone rondvaart optie Roetfilters	
Korte technische omschrijving	
	<p>De filtereenheid van een roetfilter is een relatief eenvoudig apparaat. Er zijn allerlei verschillende varianten op de markt (metaal of keramiek) waarin, afhankelijk van de configuratie, tot ruim boven de 90% van de massa van de roetdeeltjes kan worden afgevangen. Tijdens het gebruik raakt het filter geleidelijk verstopt met roet, waardoor de druk in het uitlaatsysteem oploopt, het brandstofverbruik toeneemt en de motor uiteindelijk niet meer zou kunnen functioneren.</p> <p>De echte technische uitdaging betreft dus niet zozeer het afvangen van het roet, maar het continu of periodiek reinigen van het roetfilter, zodat geen verstopping optreedt. Roetdeeltjes bestaan hoofdzakelijk uit koolstof en koolwaterstoffen en zullen pas verbranden bij een temperatuur van 550°C (www.mobikit.nl). Deze temperatuur wordt onder normale bedrijfscondities nooit bereikt. Voor het regeneratieproces van het roetfilter zijn verschillende technische oplossingen op de markt waarbij periodiek de temperatuur in de uitlaat wordt verhoogd door bijvoorbeeld brandstofinjectie in het uitlaatgas. Als alternatief voor het verhogen van de uitlaattemperatuur - of in combinatie met - kan de temperatuur waarbij het roet begint te verbranden worden verlaagd, door inzet van katalytische technologie. De katalysator kan worden toegevoegd aan de brandstof, maar ook als coating op het roetfilter worden aangebracht. Helaas zijn de meeste van deze technologieën waarschijnlijk niet geschikt voor de rondvaart, vanwege de naar verwachting relatief lage uitlaatgastemperatuur. Op dit moment worden metingen verricht aan de uitlaatgastemperatuur van een aantal rondvaartboten om hier beter zicht op te krijgen.</p> <p>Deze factsheet focust daarom op het type roetfilter dat het meest geschikt lijkt voor de rondvaart: het geforceerd regenererbaar gesloten roetfilter. Deze keuze is hier gemaakt omdat het geforceerd regenererbaar gesloten roetfilter: (1) inzetbaar lijkt te zijn onder de specifieke rondvaartcondities ten aanzien van het gebruikte type motoren (relatief veel roet in de uitgangssituatie) en de karakteristieke motorbelasting (alleen incidenteel hoog, gemiddeld laag dus lage uitlaatgastemperaturen); (2) zo goed mogelijk voldoet aan de ambitieuze eisen op het gebied van emissiereductie (minstens 90% emissiereductie); en (3) relatief simpel is van opzet en geen of beperkt geavanceerde elektronica en elektrische componenten bevat. Hier staan wel enkele beperkende randvoorwaarden tegenover die verderop in deze factsheet worden besproken.</p> <p>Het geforceerd regenererbare roetfilter wordt <u>periodiek</u> gereinigd door (elektrische) verwarming van het filter. Dit kan gebeuren door het in de rondvaartboot ingebouwde filter gedurende een bepaalde aan te sluiten op het lichtnet (ongeveer een uur tot enkele uren, afhankelijk van type en fabricaat). Door</p>

de elektrische stroom wordt het filter verwarmd tot boven de temperatuur waarbij het roet (gecontroleerd) verbrandt.

Als alternatief kan eventueel ook gebruikt gemaakt worden van een systeem met verwisselbare roetfiltercartridges. Als de cartridges de maximale roetbeladingsgraad hebben bereikt kunnen ze in een aparte oven worden schoongebrand (bijvoorbeeld: www.pyroban.nl; www.eminox.nl). De filterwisselingen kosten weinig tijd, door snelle 'klik' verbindingen in de aan- en afvoerleidingen van de uitlaat. Eveneens kunnen meerdere cartridges tegelijkertijd worden schoongebrand.

Het hart van het geforceerd regenereerbare roetfilter, het filterelement zelf dus, is vaak opgebouwd uit een keramisch materiaal (Cordorite, Silicium Carbide). De filters bestaan uit kanaaltjes met poreuze wand en die om en om afgesloten zijn, zoals geïllustreerd in onderstaande figuur. Het uitlaatgas wordt gedwongen door de wanden van de kanaaltjes te stromen waarbij het roet aankoekt op de wanden (Eastwood, 2000). Tijdens het regeneratieproces wordt de roetkoek er af afgebrand, zodat het filter weer hergebruikt kan worden.



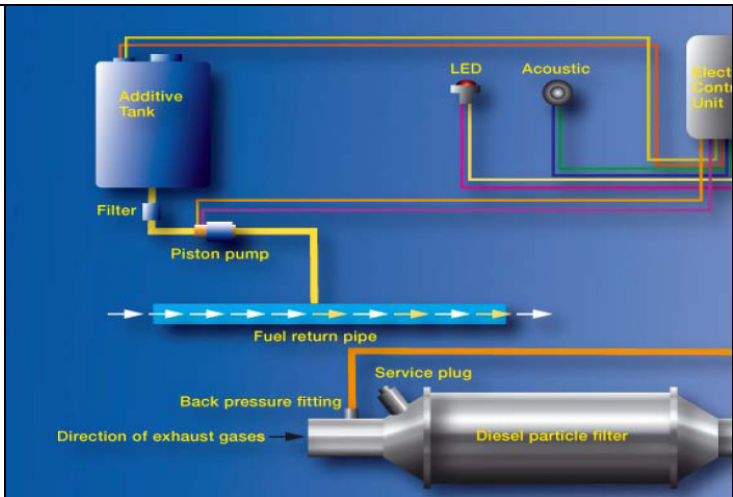
Een zeer belangrijke vraag is of de standtijd van dergelijke verzamelfilters - de tijd voordat er zoveel roet in het filter zit dat de tegendruk voor de motor te hoog oploopt - toereikend is om een dag te varen (zie ook kopje operationele aspecten).

Tenslotte is het ook mogelijk om te werken met 'wegwerproetfilterpatronen' met een veel langere standtijd (volgens de specificaties in de orde van een maand bij 10 uur per dag varen met een rondvaartboot). Dergelijke systemen, die veelal van cellulose (papier) zijn gemaakt (o.a. fabrikaat Donaldsen) worden voor heftreks ingezet, in dezelfde vermogensklasse als voor rondvaartboten (zie sectie voorbeelden en demonstratieprojecten). Echter de meningen over de standtijd van deze filters lopen zeer uiteen.

Andere bekende roetfilter technologieën, die onvoldoende geschikt lijken voor de Amsterdamse rondvaart:

- Het meest toegepaste roetfilter, dat meestal wordt ingezet in bussen en vrachtwagens betreft een continu regenererend roetfilter (Continuously Regenerating Trap, CRT). Een CRT

	<p>filter bevat een oxidatiekatalysator die alle stikstofoxiden omzet in de meest geoxideerde vorm, NO₂. Het NO₂ zorgt voor continue regeneratie van het in het filter afgevangen roet, bij een relatief lage temperatuur, namelijk minimaal ongeveer 260°C. Voor toepassing van een CRT systeem in de rondvaart is het dus essentieel dat de uitlaatgastemperatuur van de rondvaartboten, meestentijds boven de 260 °C is. Op dit moment worden hiertoe op een aantal schepen temperatuurmetingen in het uitlaatgas verricht. Het is echter onwaarschijnlijk dat aan bovengenoemde temperatuurcriteria kan worden voldaan. Indien dit tegen de verwachting in, wél het geval blijkt te zijn, dan is CRT een optie, mits zeer schone zeer zwavelarme brandstof wordt gebruikt. Het CRT filter wordt ook door verschillende fabrikanten geleverd in combinatie met een SCR-DeNOx systeem dat ongeveer dezelfde temperatuureisen aan het uitlaatgas stelt (zie ook aparte SCR factsheet).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Een variant op het CRT filter dat reeds bij lagere temperaturen werkt en succesvol wordt ingezet in laagbelaste motortoepassingen, zoals bij vuilniswagens, betreft het elektrisch verwarmde CRT filter (E-CRT filter). Echter deze toepassing vergt een continu beschikbaar zeer hoog elektrisch vermogen (enkele duizenden watts) dat op een rondvaartboot naar verwachting niet beschikbaar is. Bij de toepassing op vuilniswagens wordt de voor het regeneratieproces benodigde elektriciteit gegenereerd met behulp van het on-board hydrolisch systeem. • Verder bestaan er ook zogenaamde halfopen roetfilters in vele varianten; deze filters met een reductiecapaciteit van ongeveer 50% voldoen echter niet aan de ambitieuze doelstellingen voor emissiereductie in de Amsterdamse rondvaart.
	<ul style="list-style-type: none"> • Een andere technologie betreft het gesloten roetfilter waarbij de temperatuur voor regeneratie van de roetdeeltjes verlaagd wordt door toevoeging van een katalytische oplossing aan de brandstof; de zogenaamde Fuel Born Catalyst (FBC) techniek. Dit is (een onderdeel van) de techniek die Peugeot en Citroen al jaren succesvol inzetten in hun voertuigen (Lemaire, 2002). Het is echter onwaarschijnlijk dat de temperatuur van het uitlaatgas in de rondvaartboten, zonder aanvullende technologie, zoals extra brandstofinjectie, (periodiek) voldoende hoog is om al aan de reeds verlaagde temperatuurslimiet van FBC filter te voldoen (ca. 450 graden is vereist). Indien uit de thans lopende metingen, tegen de verwachting in, blijkt dat deze condities wel aanwezig zijn metingen uitwijzen dat is een FBC filter wellicht een serieus alternatief. Wel is de vraag of het verwijderingrendement voldoende zal zijn voor de ambitieuze doelstellingen in de rondvaart. FBC filters worden ook door verschillende fabrikanten geleverd. In het onderstaande is een schematisch voorbeeld gegeven van een van de mogelijke configuraties.

	 <p>Rogers, 2008</p>	
Effect emissiereductie		
	<i>Literatuur</i>	<i>Rondvaart praktijkcondities</i>
Fijn stof, PM ₁₀ kton	Tot 98%	90%
Stikstofoxiden, NO _x	-	-
Brandstofverbruik, CO ₂	*) ³	-
Technische haalbaarheid		
Marktrijpheid en beschikbaarheid	De technologie van geforceerd regenerereerbare roetfilters is beschikbaar en wordt op dit moment door verschillende fabrikanten geleverd. De technologie wordt o.a. toegepast op dieselmotoren waar uit arbo-oogpunt verscherpte emissienormen worden gesteld, zoals bijvoorbeeld bij heeftrucks. Volgens verschillende leveranciers kan de techniek onder bepaalde randvoorwaarden ook worden toegepast bij rondvaartboten (Hasselberg, 2008; Langeveld, 2008).	
Operationele aspecten (prestatie, actieradius etc.)	De vraag is of de standtijd van geforceerd regenerereerbare roetfilters - de tijd voordat er zoveel roet in het filter zit dat de tegendruk voor de motor te hoog oploopt - toereikend is om een volle dag te varen. Fabrikanten geven waarden van circa één werkdag. Het betreft hier echter gemiddelde waarden, die bij slecht onderhouden en afgestelde motoren waar meer roet uit komt (aanzienlijk) lager zou kunnen liggen. Verschillende fabrikanten geven aan dat goed motoronderhoud van essentieel belang is. Het filter wordt dan niet onnodig belast. Dit onderhoud betreft o.a. het in goede conditie verkeren van de brandstofverstuivers, tijdig olie verversen, tijdig brandstof- en luchtfilters vervangen, kleppen stellen etc. Door het filter te overdimensioneren, heeft de motor minder tegendruk, en kan langer worden gevaren voordat het filter hoeft te worden geregenereerd. Een groter filter leidt uiteraard tot hogere kosten (Langeveld, 2008). Door de extra tegendruk die de motor moet overwinnen zal het brandstofverbruik vermoedelijk iets hoger kunnen liggen, maar naar verwachting uitkomen niet boven de 2% meerverbruik.	
Ruimtebeslag en andere praktische randvoorwaarden inbouw	Het ruimtebeslag van geforceerd regenerereerbare roetfilters is beperkt. In principe hoeft in de basisconfiguratie het geforceerd regenerereerbare roetfilter niet veel extra ruimte in te nemen t.o.v.	

³ Door de extra tegendruk die de motor moet overwinnen zal het brandstofverbruik vermoedelijk iets hoger kunnen liggen, maar naar verwachting niet boven de 2% meerverbruik.

	de reguliere einddemper, die vervangen wordt door het roerfilter.
Technische levensduur	<p>Indien het filter goed gebruikt wordt kan de levensduur bij inzet op een gemiddelde rondvaartboot meer dan vijf jaar bedragen. Fabrikanten verwijzen hier dan ook weer met nadruk naar het vereiste goede motoronderhoud, zoals genoemd onder het hierboven gelegen kopje 'Operationele aspecten'. Indien het filter niet tijdig wordt geregenereerd, hetgeen gebeurd als er wordt doorgevaren met een "vol" roerfilter, dan kan het filter onherstelbaar beschadigd raken! Tijdig regenereren is dus essentieel. Het systeem moet dan ook zodanig worden gedimensioneerd dat minimaal één lange vaardag achter elkaar kan worden gemaakt.</p> <p>Eventueel kan een druksensor geïnstalleerd worden die de druk over het filter registreert en middels een controlelampje aangeeft wanneer het filter dient te worden geregenereerd. Deze optie lijkt voor de rondvaart sterk aan te bevelen en is relatief simpel, vergt weinig elektriciteit en is betaalbaar (eenmalig enkele honderden euro's meerkosten bij de installatie van het systeem).</p>
Temperatuureisen uitlaatgas?	Geen. In tegenstelling tot de andere technische oplossingen is tijdens bedrijf geen bepaalde minimumtemperatuur vereist voor de verbranding van het roet. Dit proces gebeurt immers niet tijdens maar ná het varen, middels het geforceerde verbrandingsproces zoals in het bovenstaande beschreven.
Noodzakelijke externe voorzieningen	Elektriciteit voor het geforceerd regenereren van het filter. Per ingebouwd filter is ongeveer 1 groep elektra nodig. Bij het systeem met verwisselbare roerfilter-cartridges kunnen meerdere roerfilters tegelijkertijd worden geregenereerd in één elektrische oven.
Overige barrières/randvoorwaarden	De tegendruk in het systeem mag niet te hoog worden! De juiste filterconfiguratie hangt dus af van het merk en type motor. Tevens is van belang of het gaat om een "naturally aspirated" motor of een turbo-geladen motor. Dit laatste type kan namelijk minder tegendruk verdragen. Verder speelt mee dat bij veel rondvaartboten de maximale tegendruk verder wordt beperkt door de zeer lange uitlaatpijp, vanwege plaatsing van de motor voorin het schip, terwijl de uitlaat uitmondt bij de achtersteven van het schip. Deze factoren zullen een ruimer bemeten (en dus duurder) filter vereisen.
Kostenraming	
Aanschafkosten technologie	In de literatuur worden voor de vermogensklasse van de rondvaart prijzen genoemd tussen ca. € 6 en 16 duizend per filtersysteem voor een gemiddelde rondvaartboot met een motorvermogen van ca. 75 kW. De bovengrens gaat uit van een overdimensionering van het filter met een factor twee, hetgeen volgens sommige fabrikanten voor toepassing in de rondvaart verstandig lijkt (zie ook vorige kopje 'Overige barrières/randvoorwaarden'. Aanvullend op de kosten voor de roerfilterinstallatie zelf komen nog inbouwkosten die in de orde van enkele duizenden euro's zullen liggen. Bij inbouw van een serie systemen in vergelijkbare boten zullen de inbouwkosten per boot lager worden.
Verbruikskosten	Elektriciteit voor regeneratie. Minder dan een euro per cyclus. De elektriciteitsvraag voor de regeneratie resulteert wel in een CO ₂ -emissie bij de elektriciteitscentrale (hangt af van type centrale), maar deze hoeveelheid is zeer beperkt ten opzichte

	van de CO ₂ die wordt geproduceerd tijdens een normale vaardag.
onderhoudskosten	Aan het filtersysteem zelf weinig. De motor moet ook goed worden onderhouden, omdat anders het filter minder goed functioneert en/of beschadigd kan raken. Goed motoronderhoud is wezenlijk kritischer indien een roetfilter is geplaatst. Zie ook het kopje 'technische levensduur'.
Afschrijvingskosten per jaar bij verwachte levensduur	Orde van grootte voor een gemiddelde rondvaartboot bij gemiddeld vaargedrag: € 1500 tot 2000 per jaar, onder verwaarlozing van annuïteiten.
Beleidsmatige haalbaarheid	
Instrumenteerbaarheid / afdwingbaarheid	
Handhaafbaarheid	<p>Omdat de emissiereductie alleen wordt bereikt als een werkend en in goede staat verkerend roetfilter aanwezig is, is de handhaving een belangrijk onderwerp. Meten van roet is zeer lastig (veel lastiger dan het meten van NO_x). Maar, omdat een in goede conditie verkerend geforceerd regenerereerbare roetfilter erg effectief is in het verwijderen van roet, moet zelfs met relatief eenvoudige (optische) meettechnieken het verschil tussen een werkend en een niet-werkend filter kunnen worden aangetoond. Het lijkt daarom raadzaam om middels periodieke- en/of steekproefkeuringen de aanwezigheid en werking van een geplaatst SCR systeem te toetsen.</p> <p>VOORBEELD VAN HANDHAVING IN ANDERE SECTOR:</p> <p>www.logistiek.nl/nieuws/id3692-Roetfilterplicht_heftrucks_vanaf.html</p> <p>Vanaf 1 januari 2007 moeten alle dieselaangedreven machines en heftrucks in binnenruimtes voorzien zijn van een goedgekeurde roetfilter. Deze verplichting is bovenop het bestaand verbod op het inzetten van dieselheftrucks tot en met 4 ton in binnenruimtes.</p> <p><i>Handhavingsbeleid</i></p> <p>De overheid heeft de roetfilter- en vervangingsverplichting ingevoerd, omdat uitlaatgassen van dieselmotoren (DME's) zijn aangeduid als kankerverwekkend. Het handhavingsbeleid is gericht op het terugdringen van de blootstelling aan DME's. Een roetfilter moet de DME met minimaal 70% verminderen.</p> <p><i>Afstemming</i></p> <p>Bij het kiezen van een roetfilter is het belangrijk dat de eigenschappen en de capaciteit van de filter zijn afgestemd op de karakteristieken van de betreffende machine/truck. Een mismatch veroorzaakt problemen zoals, toename van brandstofverbruik, afname van het motorvermogen, stijging van de motortemperatuur en dergelijke. Neem daarom eerst contact op met de leverancier van de machine of truck, waarop een roetfilter gemonteerd wordt. Voor een leveranciersoverzicht</p>
Maatschappelijke acceptatie	De maatschappelijke acceptatie zal hoog zijn omdat het systeem, mits goed geïnstalleerd zal zorgen voor veel lagere concentraties roet in het uitlaatgas. Tevens ontstaat er een beter 'level playing field' met het wegverkeer. Geluid- en stankoverlast worden met

	het systeem maar beperkt aangepakt.
Draagvlak bij de reders (optioneel)	Uitgaande van doelvoorschriften hebben reders zelf de keuze voor eventuele plaatsing van andere (meer complexe en kostbaardere) roetfilters, waarmee eveneens aan de ambitieuze emissiereductie doelstellingen kan worden voldaan.
Overige beleidsaspecten	
Literatuur en websites	
<ul style="list-style-type: none"> • Eastwood, P. (2000) Critical topics in exhaust gas aftertreatment, Exeter 2000, ISBN 0 86380 242 7 • Hasselberg, 2008; persoonlijke communicatie, maart/april 2008 • Langeveld, 2008; persoonlijke communicatie, maart/april 2008 • Robust Low-cost EPA-Verified Systems for Diesel Retrofit on Heavy Duty Vehicles • Rogers, T. (2008) Robust Low-cost EPA-Verified Systems for Diesel Retrofit on Heavy Duty Vehicles VP International presentation on internet: www.meca.org/galleries/default-file/Rogers.pdf • Website ETH Zurich: www.imrt.ethz.ch/research/engine/diesele/Retrofit • Lemaire, J., (2002), A E E D A To use or not to use a Fuel-Born Catalyst (FBC); “<i>A new fairy tale ???</i>”, Idrac presentation; February 2002. • www.cleanestship.eu • www.finkatt • www.vitechsystems.nl • www.bootjesgek.nl • www.daf.com • www.volvoo.com • www.quaron.nl • www.soottech.nl • www.mobikit.nl • www.pyroban.nl • www.eminox.nl • www.soottech.nl • www.cmp.roularta.be • http://www.ttm.nl/nieuws/id22092-Roetfilters_voor_Ginaf.html • http://www.logistiek.nl/nieuws/id3692-Roetfilterplicht_heftrucks_vanaf.html 	
Voorbeelden en demonstratieprojecten (eventueel in appendix)	



www.ttm.nl/nieuws/id22092-Roetfilters_voor_Ginaf.html

Roefilter op heftrucks

In de nabije toekomst zal de plaatsing van een roefilter op heftrucks van een bepaald tonnage ook in ons land verplicht worden. **TVH - Group Thermote & Vanhalst** speelt daarop nu al in met roefilters van Donaldson. Deze roefilters met vervangbare filterpatronen hebben een rendement tot 99,98 %. Een waarschuwingssysteem geeft tijdig aan wanneer de filter vol is; bij normale bedrijfsomstandigheden dient het filterpatroon om de 300 à 400 uur vervangen te worden voor een optimale werking. Het filterpatroon uit cellulosestof is het hart van de roefilter. Het weerstaat aan hoge temperaturen (320-340°C). De uitlaatgassen gaan door het filterpatroon waar zo goed als het volledige dieselroetgehalte wordt opgevangen. Heftrucks met een vermogen hoger dan 59 kW (80 pk) moeten uitgerust worden met twee filterelementen. De roefilter kan zowel op het contragewicht als op het dak worden gemonteerd.



www.cmp.roularta.be

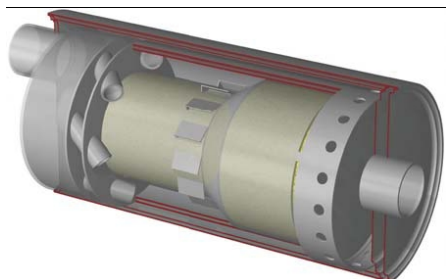
http://www.logistiek.nl/nieuws/id3692-Roefilterplicht_heftrucks_vanaf.html



De Schippers van de *Koninklijke Roeiers Vereniging Eendracht* (KRVE) zijn de hele dag druk met het begeleiden van grote schepen in de Rotterdamse haven. Ze gebruiken kleine open vletjes en werken daardoor een fors deel van de dag in giftige dieselwalm en -stank. Om gezondheids- en arbotechnische redenen zijn enkele vletten onlangs voorzien van Finnkät-roefiltersystemen. De uitstoot van schadelijke deeltjes zakte fors en de proef is geslaagd. Inmiddels varen ook de collega's uit de haven van Amsterdam (de Cooperatieve Bootlieden Vereniging De Koperen Ploeg UA) rond met de roefilters

Veel werkdiesels in de binnenvaart draaien al jaren een stuk schoner dan pleziediesels. Ze gebruiken meestal gesloten roefiltersystemen die tot 95% van de roetdeeltjes en fijnstof uitfilteren. Voor de pleziervaart zijn de professionele roefilters te duur. Om zicht te krijgen op de mogelijkheden en het effect van roefilters in de pleziervaart, zochten we contact met roefilterleverancier Vitech die de havenvletjes voorzag van de roefilters. Onze insteek? Zijn er roefiltersystemen voor pleziediesels die zorgen dat we de natuur fris achterlaten na een funtochtje?





Finnkat filters

Vitech levert voor de pleziervaart Finnkat-D (Dieselcatalyst) en Finnkat PDPF (Partial Diesel Particulate Filter), dezelfde die ook gebruikt worden bij de KRVE-vletjes. Uitwendig zien de filters er uit als een uitlaatdemper. Het werk wordt gedaan door een katalysatorelement. Het oppervlak hiervan is bekleed met een coatinglaag met edelmetalen (platina, rodium, etc). Bij een hoge uitlaatgastemperatuur worden in een chemisch proces de schadelijke uitlaatemissies ontleedt

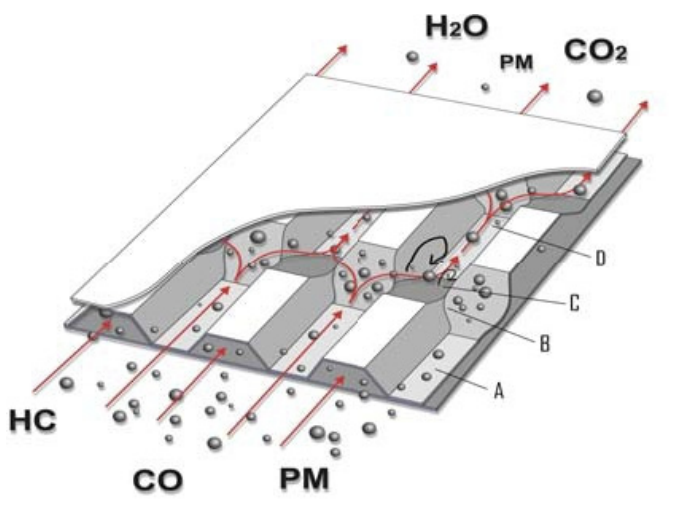
in niet-schadelijke scheikundige verbindingen. Ze neutraliseren bijvoorbeeld koolwaterstoffen (HC) en koolmonoxide (CO) en maken daarmee een einde aan de bekende dieselstank en; irritatie aan ogen, keel en neus. De roetreductie bedraagt maximaal 75%.

De filters zijn een tussenvorm van een dieseloxydatiekatalysator en een roetfilter. Doordat Finnkat katalysatoren van het type "half-open" systeem zijn, is de kans op verstopping minimaal. Het filtersysteem lijkt op de retrofit-roetfilters voor dieselpersonenauto's. Door een speciaal Finnkat-patent heeft het PDPF-systeem een betere roetafvang dan de roetfilters voor dieselauto's. Teus Vink van de fa. Vitech: "De filters werken niet zo effectief als in de binnenvaart waar motoren vrijwel altijd zwaar belast worden. Toch werken de filters goed op plezierdiesels. Het is een kwestie van even het gas er op zetten als je naar buiten gaat. Vol gas draaien ze het meest effectief, maar met een weinig belaste motor op 225-250 graden doen ze prima werk. Een Finnkat-filter voor een diesel met een inhoud van 2,5 liter kost rond de 2500 Euro."



Gebruik

- er dient met enige regelmaat voldoende uitlaattemperatuur aanwezig te zijn; +225°C gedurende ca 1/3 deel van de vaartijd. Onder de 200°C vindt er geen chemische reactie meer plaats en is het effect bijna nul.
- gebruik uitsluitend zwavelarme dieselolie met minder dan 50 ppm zwavel (0,005%). Witte dieselolie is meestal van kwaliteit EN-590 met 10 ppm zwavel (0,001%). Zwavel is gif voor iedere katalysator of roetfilter dat o.a. platina bevat! Dit verkort de levensduur van het systeem aanzienlijk.
- -De Finnkat's vervangen de normale uitlaatdemper (geluidreductie ca 25-30 dBA). Het is een "droog" systeem, dus bij eventuele water-geïnjecteerde uitlaten dient het water na de Finnkat geïnjecteerd te worden.



Koninklijke Roeiers Vereniging Eendracht

De Koninklijke Roeiers Vereniging Eendracht (KRVE) telt ruim 300 zelfstandige leden met 54

motorschepen. Ze zorgen voor het vast- en losmaken van zeeschepen/vaartuigen, het vervoer van loods en over land en water alsmede communicatievaren t.b.v. bemanningen/agentschappen/bedrijven, het leveren van (aanvullende) bemanning aan dek, het beschikbaar stellen van mensen en materieel bij calamiteiten als b.v. het uitbrengen van olieschermen bij oliemorsingen. Alle leden van de vereniging zijn volledig gediplomeerde schippers, die bij alle voorkomende weersomstandigheden dag en nacht beschikbaar zijn voor de scheepvaart. De Koninklijke Roeiers Vereniging Eendracht is opgericht in 1895 als verenigingsvorm door 5 personen die elk een roeiboot in bezit hadden.

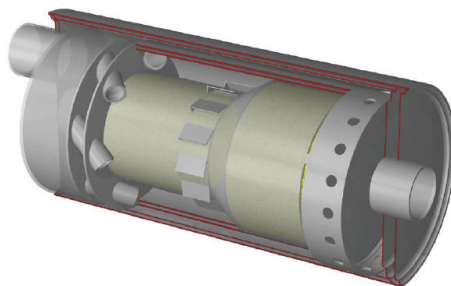
Bron: www.bootjesgek.nl

Info van www.finnkat.nl

Deze technologie gaat niet ver genoeg voor het ambitieniveau voor de rondvaart; onderstaande gegevens allen ter informatie.

Finnkat-oplossingen zijn gebaseerd op ingenieuze en commerciële patenten. De Finnkate-D serie is een intelligent werkende, krachtige oplossing voor dieselgedreven machines en installaties. Deze unit, die geheel onderhoudsvrij is, bevat niet alleen een katalysator, maar werkt ook als continue-roet-deeltjesverbrander, uitlaatgeluiddemper en vonkenvanger. De Finnkate-D systemen zijn afhankelijk van de toepassingen van de machine of installatie en het zwavelgehalte van de gebruikte dieselolie, leverbaar met katalysator-elementen van uiteenlopende chemische samenstellingen om bij uiteenlopende soorten motortoepassingen altijd de meest optimale resultaten en hoogste rendementen te bereiken. Zo zijn er speciale uitvoeringen voor de mijn- en tunnelbouw (FINNKAT-D Mining), de gedeeltelijke reductie van stikstofoxiden (FINNKAT-deNOx) en toepassing achter motoren met een gemiddeld lage uitlaatgastemperatuur (FINNKAT-D/LT). Door de ingenieuze en gepatenteerde constructie slaagt deze katalysator ook bij langdurig onbelast stationair bedrijf erin een dusdanig hoge uitlaatgastemperatuur vast te houden (boven de 150° Celsius), dat de katalytische werking en deeltjesverbranding in de katalysator gehandhaafd blijft.

Hoewel de FINNKAT-D geen specifiek roetfilter is, wordt door een gepatenteerde structuur van de substraatkanalen roetdeeltjes tot maximaal 65% gereduceerd



FINNKAT-D dieselmatalysator: een gepatenteerde multifunctionele unit van oxidatiedieselmatalysator, roetdeeltjesverbrander, uitlaatdemper en vonkenvanger

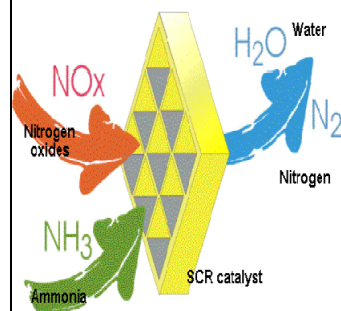
De nieuwste ontwikkeling is de Finnkate PDPF-katalysator, hetgeen staat voor Partial Diesel Particulate Filter. Deze werkt ook geheel onderhoudsvrij maar heeft een verbeterde roetdeeltjesverbranding met reducties tot 75% volgens ISO 8178. Hiermee positioneert de Finnkate PDPF-katalysator zich tussen de oxidatiedieselmatalysator en de specifieke partikelfilters en is daarmee het Finnkate-antwoord op de nieuwe wettelijke Arbo-eisen voor intern gebruiken van dieselgedreven arbeidswerktuigen per 1 januari 2007.

3.3 SCR-DeNox

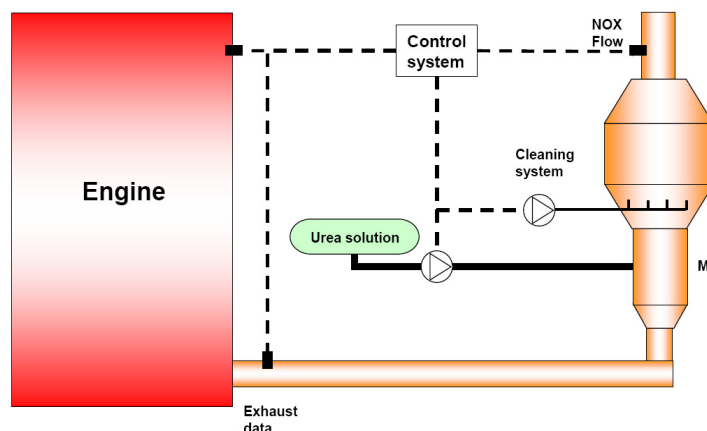
NO_x reiniging uitlaatgas met behulp van SCR-DeNOx - CONCEPT

Korte technische omschrijving

Selectieve Katalytische Reductie (Selective Catalytic Reduction, SCR) is een techniek waarmee NO_x (stikstofoxide) uit het uitlaatgas wordt verwijderd door het injecteren van een reducerende stof. Meestal gaat het om injectie van een oplossing van ureum, die onder ander op de markt is onder de naam AdBlue. De ureumoplossing wordt in het uitlaatgas omgezet in ammonia (NH₃) dat met de NO_x reageert tot het onschuldige stikstofgas en water. Zie schematische weergave in onderstaande figuur (Hals, 2008).



Het principe van SCR-DeNOx is simpel. De benodigde technische installatie is echter relatief complex, omdat precies de juiste hoeveelheid ureum moet worden geïnjecteerd. Bij overdosering is het middel erger dan de kwaal omdat dan het giftige ammoniak in de buitenlucht vrijkomt. Om het proces te regelen is daarom een elektronisch motormanagement systeem noodzakelijk, dat de ureum doseert als functie van o.a. toerental en brandstofverbruik en/of op basis van een meetsysteem dat de NO_x concentratie in het uitlaatgas continu meet. Schematisch kan een dergelijk systeem er als volgt uitzien (Hals, 2008)



Alternatieve NO_x verwijderingsystemen:

- De zogenaamde NO_x absorber of NO_x trap is een systeem in de uitlaat dat NO_x tijdelijk kan opslaan (als een soort spons), waarna de opgeslagen NO_x periodiek wordt

	<p>verwijderd door toevoeging van een koolwaterstof of andere reductant. Deze techniek is nog onvoldoende marktrijp voor toepassing in de rondvaart.</p> <ul style="list-style-type: none"> Daarnaast is het mogelijk om de NO_x concentratie in het uitlaatgas te verlagen door toepassing van rookgasrecirculatie (Exhaust Gas Recirculation, EGR). Deze technologie wordt wel toegepast bij nieuwe motoren, maar is niet geschikt voor retrofit. 	
Effect emissiereductie		
	<i>Literatuur</i>	<i>Rondvaart praktijkcondities</i>
Fijn stof, PM ₁₀ kton	-	-
Stikstofoxiden, NO _x	80-95% reductie	85% reductie
Brandstofverbruik, CO ₂	tot 5% reductie ⁴	geen
Technische haalbaarheid		
Marktrijpheid en beschikbaarheid	<p>De SCR DeNO_x technologie is beschikbaar en wordt op dit moment door verschillende fabrikanten van vrachtwagenmotoren geleverd. Daarnaast wordt de SCR technologie reeds toegepast bij diverse soorten verbrandingsmotoren op land, o.a. als nageschakelde technologie bij gasmotoren in de tuinbouw (zie bijvoorbeeld http://www.hug-eng.ch). In de binnenvaart wordt de technologie nog maar zeer beperkt toegepast. Het betreft hier veelal demonstratieprojecten. Zie sectie “voorbeelden en demonstratieprojecten”.</p>	
Operationele aspecten (prestatie, actieradius etc.)	<p>De prestaties van de motor en andere operationele aspecten worden nagenoeg niet beïnvloed. Bij disfunctioneren van het SCR systeem blijft de motor gewoon werken (dit is tevens een punt van aandacht voor de handhaving; zie kopje ‘handhaafbaarheid’).</p>	
Ruimtebeslag en andere praktische randvoorwaarden inbouw	<p>De SCR unit zelf kan ongeveer dezelfde afmetingen hebben als een uitlaatgasdemper, maar is wel ongeveer 30-60% zwaarder (Agrillon, 2005). Daarnaast is natuurlijk nog ruimte vereist voor de inbouw van de besturingselektronica, het voorraadvat met de ureumoplossing, alsmede de injectiepomp. Bovendien is nog elektriciteit voor het regelsysteem en de pomp noodzakelijk. De inbouw zal daarom lastiger zijn dan voor de meeste typen roetfilters. Indien het systeem in combinatie met een roetfilter wordt ingebouwd stelt dit nog hogere eisen aan de beschikbare ruimte en/of het op speciaal op maat maken van de verschillende onderdelen.</p>	
Technische levensduur	<p>Verschiedende fabrikanten van vrachtwagenmotoren met SCR (waaronder Daf en Volvo) geven aan dat de levensduur van een SCR systeem gelijk is aan dat van de truck(motor). Voor toepassing in de rondvaart mag daarom verwacht worden dat de levensduur ongeveer 10 jaar is.</p>	
Temperatuureisen uitlaatgas?	<p>De reactie vindt alleen plaats boven 275°C (Götmalm, 1991) hoewel sommige fabrikanten een temperatuurbereik aangeven van 250-520 °C (Agrillon, 2005). In het gunstigste geval is een NO_x reductiepercentage van 95% mogelijk (Eastwood, 2000). Voor toepassing van SCR-DeNO_x in de rondvaart is het</p>	

⁴ Indien niet al te strenge emissienormen aan het uitlaatgas worden gesteld is het mogelijk om de motor zuiniger af te stellen. De hierdoor ontstane extra NO_x kan dan nog in voldoende mate kan worden verwijderd door het SCR systeem. Bij de ambitieuze emissiereductiedoelstellingen in de rondvaart is deze aanpak vermoedelijk niet meer mogelijk.

	dus essentieel dat de uitlaatgastemperatuur van de rondvaartboten, meestentijds ruim boven de 250 °C is. Op dit moment worden hiertoe op een aantal schepen temperatuurmetingen in het uitlaatgas verricht.
Noodzakelijke externe voorzieningen	Adblue® is verkrijgbaar in diverse verpakkingen. Het wordt in toenemende mate bij grote pompstations geleverd uit grote voorraadtanks. Daarnaast is de oplossing verkrijgbaar in bulkhoeveelheden waaronder kuubvaten, alsmede jerrycans van 10, 20 en 25 liter. Deze laatste oplossing lijkt voor de rondvaart afdoende omdat in de meeste gevallen het maximale verbruik van adblue zal liggen in de orde van grootte van enkele liters per dag. (Een gemiddelde rondvaartboot verbruikt in het hoogseizoen ongeveer 60 liter diesel per dag; uitgaande van een adblue® vraag van 5% t.o.v. de brandstof, gaat het in dit geval dus om ongeveer 3 liter).
Overige barrières/randvoorwaarden	-
Kostenraming	
Aanschafkosten technologie	<p>In de literatuur worden voor de vermogensklasse van de rondvaart (nog) geen prijzen genoemd. De verschillende truckfabrikanten geven aan dat de motoren € 5000 tot 9000 duurder worden, bij motorvermogens tussen ca. 250 en 450 kW. Het betreft hier echter serieproductie en systemen die in de motor zijn geïncorporeerd (dus geen retrofit). Hoen. A (2007) geeft voor retrofit in de binnenvaart een gemiddelde investering per schip van 30.000 (€ 50 per kW motorvermogen, gemiddeld 600 kW). Voor een gemiddelde rondvaartboot (75 kW), zou dit overeenkomen met een investering van ca. 4000 euro. Echter, de kosten voor kleine motoren zullen relatief hoog zijn, vanwege de ook voor kleine motoren noodzakelijke doseer- en stuuielelektronica, injectiepomp en eventueel NO_x sensoren.</p> <p>De firma Pyroban geeft een bedrag van 15.500 euro, exclusief montage kosten.</p>
Verbruikskosten	<p>Verschillende fabrikanten van SCR systemen voor het wegtransport (www.air1.info.nl; www.daf.com; www.volvo.com; www.quaron.nl) geven een verbruik van de benodigde ureumoplossing, ten opzichte van het brandstofverbruik, uiteenlopend van 2-4% voor het halen van de Euro 4 norm; en 3-8% voor het halen van de Euro 5 norm (één en ander hangt ook af van het motortype en eventueel toepassen van uitlaatgasrecirculatie). Hoe lager de gewenste NO_x concentratie in het uitlaatgas, hoe meer ureumoplossing nodig is. Voor de rondvaart gaan wij uit van een verbruik van 5% ureumoplossing t.o.v. het brandstofverbruik. De prijs van de ureumoplossing is afhankelijk van de geleverde hoeveelheid, maar bedraagt ruwweg de helft van de bruto dieselprijs, grofweg 50-75 ¢cent per liter. Bij een gemiddeld verbruik per rondvaartboot van 1-3 liter per dag zijn de kosten dus te overzien (orde van grootte: € 0,50 – 2,50 per dag, per rondvaartboot).</p>
Onderhoudskosten	Naast de kosten voor de ureumoplossing/Adblue dient periodiek (ongeveer 1-2 maal per jaar het filter van de ureumoplossing te worden vervangen. De kosten hiervan zijn laag (orde: enkele euro's tot enkele 10-tallen euro's).
Afschrijvingskosten per jaar bij verwachte levensduur	Onder verwaarlozing van annuïteiten bedragen de afschrijvingskosten voor een gemiddelde rondvaartboot ca. €

	1000 per jaar.
Beleidsmatige haalbaarheid	
Instrumenteerbaarheid / afdwingbaarheid	Uitgaande van doelvoorschriften hebben reders zelf de keuze voor eventuele plaatsing van een SCR retrofit systeem. Het SCR retrofit systeem hoeft daarom niet te worden afgedwongen indien de reders besluiten tot een alternatieve oplossing zoals plaatsen van een moderne motor met geavanceerde rookgasrecirculatie en/of geïntegreerd SCR systeem.
Handhaafbaarheid	Omdat de emissiereductie alleen wordt bereikt als daadwerkelijk een ureumoplossing (AdBlue) in het uitlaatgas wordt geïnjecteerd, is de handhaving een belangrijk onderwerp. Als de schipper water in de tank voor de ureumoplossing giet, blijft de motor gewoon doordraaien. Het gebruik van DIN-genormeerd AdBlue moet daarom worden geregistreerd door een 'on board diagnostic system', hetgeen technisch geen probleem is en momenteel in ontwikkeling is of reeds ontwikkeld is) voor de trucksector. Alleen zijn de normen voor de controle nog niet bekend. De Europese wetgeving loopt hier achterop. Ook wordt er gewerkt aan sensoren die vast kunnen stellen of de vloeistof in de additiewentank werkelijk AdBlue is. In principe betreft een SCR katalysator een redelijk robuust systeem met een lange levensduur, maar het systeem kan verwijderd worden, zonder veel gevolgen voor het motorbedrijf. Het lijkt daarom raadzaam om middels periodieke- en/of steekproefkeuringen de aanwezigheid en werking van een geplaatst SCR systeem te toetsen.
Maatschappelijke acceptatie	De maatschappelijke acceptatie zal hoog zijn omdat het systeem, mits goed geïnstalleerd en voorzien van Adblue, zal zorgen voor veel lagere concentraties NO _x in het uitlaatgas. Tevens ontstaat er een beter 'level playing field' met het wegverkeer. Geluid- en stankoverlast worden met het SCR systeem niet of nauwelijks aangepakt.
Draagvlak bij de reders (optioneel)	Uitgaande van doelvoorschriften hebben reders zelf de keuze voor eventuele plaatsing van een SCR retrofit systeem. Vanwege de complexiteit en de daarmee samenhangende relatief hoge kosten, is het in veel gevallen waarschijnlijk aantrekkelijker voor een reder om een moderne motor met geavanceerde rookgasrecirculatie en/of een aan de motor geïntegreerd SCR systeem te kopen.
Overige beleidsaspecten	-
Literatuur en websites	
<ul style="list-style-type: none"> Argillon (2005) nomen nescio, Sinox SCR Figures, www.argillon.com. Eastwood, P. (2000) Critical topics in exhaust gas aftertreatment, Exeter 2000, ISBN 0 86380 242 7 Götmalm Ö.A. (1991) Diesel exhaust control, the institute of marine engineers, marine management (holdings) LTD, 1991. Hals, T (2008) "Environmental solutions for NO_x treatment" presentatie op het "Clean Waterborne Transport Event", Brussels, 28th February 2008. Hoen, A.; Factsheet bijlage bij optiedocument 2010/2020. Wilde, H.P.J. de; Kos, G.P.A. Beperking NO_x-uitstoot bij een bestaande scheepsdieselmotor. ECN rapport C--04-083 2004. www.cleanestship.eu www.daf.com 	

- www.volvo.com
- www.quaron.nl
- www.soottech.nl
- <http://www.hug-eng.ch>

Voorbeelden en demonstratieprojecten (eventueel in appendix)

Demonstratieschip “Cleanest Ship” Victoria.

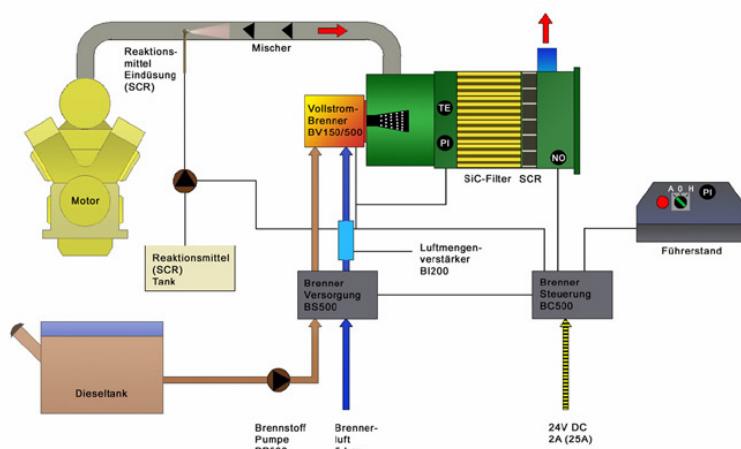
Het Cleanest Ship is een demonstratieproject van het Europese onderzoeksproject CREATING in samenwerking met energiemaatschappij BP. Het laat zien hoe binnenvaartschepen hun brandstof efficiëntie kunnen optimaliseren en de uitstoot van schadelijke stoffen kunnen verminderen.



Het binnenvaartschip Victoria



Besturingseenheden SCR installatie en roetfilter

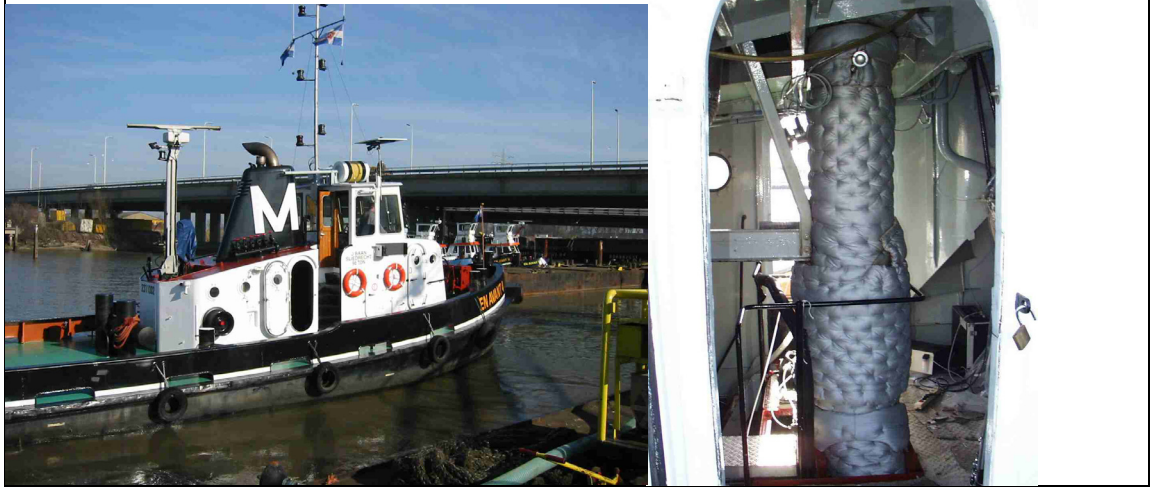


Schema Roetfilter Urea SCR

In 2003 is de Sleepboot En Avant 4, bouwjaar 1962 (!) motor MAN 500 kW, tijdelijk voorzien van

een SCR-DeNOx systeem van het fabrikaat SiNOx. Uit de door ECN uitgevoerde metingen, bleek dat het systeem, bij verschillende motor belastingen, ongeveer 80% van de NO_x verwijderde.

De sleepboot “En avant 4” van rederij Muller (linker foto); kijkend door de toegangsdeur naar de machinekamer het SCR systeem in de schoorsteen (rechter foto).



3.4 Gasmotor

Aardgas - beknopte factsheet	
Korte technische omschrijving	
	<p>Aardgas is de schoonste fossiele brandstof en aardgasmotoren zijn dan ook schoner dan Euro5. In principe is iedere motor geschikt te maken voor aardgas door het plaatsen van een brandstoftank en het aanpassen van de injectoren in de motor. Om brandstof mee te kunnen nemen wordt het aardgas samengeperst en aan boord in sterke cilinders opgeslagen (CNG: compressed natural gas). Door de lage gasprijs en lage energiebelasting is aardgas goedkoper dan andere brandstoffen. Daarmee kan de meerprijs door de inbouw snel worden terugverdiend en is het extra interessant voor bijvoorbeeld wagenparken en vaartuigen die jaarlijks veel brandstof gebruiken. Scheepvaart maakt echter gebruik van accijnsvrije diesel. De terugverdientijd is daardoor veel langer zo niet onmogelijk (A. Egmond 2008, persoonlijke communicatie).</p> <p>De actieradius is over het algemeen beperkter dan met een conventionele techniek. De wettelijke regeling (Scheepvaartsinspectie) staat brandstofopslag voor max.1 vaardag toe. In Nederland is het gas dat gedistribueerd wordt, laag calorisch.</p> <p>Aardgas kan in theorie dienen als tussenstap in de overgang naar de nog milieuvriendelijker gassen als waterstof.</p>
Effect emissiereductie	
Fijn stof (PM ₁₀)	Nul
Stikstofoxiden (NO _x)	90% lager dan bij gebruik diesel
CO ₂	lager of vergelijkbaar met diesel
Technische haalbaarheid	
Marktrijpheid en beschikbaarheid	De motortechniek is beproefd en bewezen, en dat geldt ook voor de aardgastanks en vulstations. Techniek wordt toegepast bij rederij Canal Company; OV-bussen; personenauto's.
Operationele aspecten (prestatie, actieradius etc.)	Combinatie met Voith thruster is mogelijk.
Ruimtebeslag en andere praktische randvoorwaarden inbouw	Inbouw aardgasmotor en aardgastank. Retrofit stuit op grote praktische bezwaren.
Technische levensduur	Duurzaamheid bij boten is bewezen. Er bestaat inmiddels 16 jaar ervaring.
Temperatuureisen uitlaatgas?	
Noodzakelijke externe voorzieningen	Snelvulstation op de wal. is gerealiseerd (met 10 jaar vertraging)
Overige barrières/randvoorwaarden	Brandstof slechts voor 1 dag (wettelijke bepaling) met als gevolg vaker tanken en vaarbewegingen. Het huidige gas is laagcalorisch omdat het tot 25% stikstof en/of koolstofdioxide bevat. Overschakeling op hoogcalorisch gas - zoals dat bijvoorbeeld in de industrie wordt gebruikt en dat vrijwel uitsluitend uit koolwaterstoffen bestaat - zou de actieradius dus met ongeveer 25% kunnen verhogen.

Kostenraming	
Aanschafkosten technologie	50.000 € (A. Egmond, persoonlijke communicatie)
Verbruikskosten	Extra verbruikskosten (boven gebruik accijnsvrije zwavelarme diesel) is ca. 5.000 €/jr. Zou na realisatie snelvulstation moeten zakken.
Onderhoudskosten	Nader te onderzoeken
Afschrijvingskosten per jaar bij verwachte levensduur	Nader te onderzoeken
Beleidsmatige haalbaarheid	
Instrumenteerbaarheid / afdwingbaarheid	Nader te onderzoeken
Handhaafbaarheid	Op basis van typekeur
Maatschappelijke acceptatie	Hoog; minimaal 'level playing field' in vergelijking met emissienormen en milieuzonering wegverkeer
Draagvlak bij de reders (optioneel)	Matig (A. Egmond)
Overige beleidsaspecten	-
Overige onzekerheden/randvoorwaarden	
Voorbeelden en demonstratieprojecten	
Rederij Canal Company heeft jarenlange praktijkervaring met varen op aardgas en heeft ongeveer 10 aardgasboten in de vaart.	

3.5 Waterstof-brandstofcel

Brandstofcel+elektromotor							
Korte technische omschrijving							
	<p>Brandstofcellen zijn apparaten die de chemische energie van een reactie (omzetting waterstof+ zuurstof in water) omzetten in elektrische energie (en warmte). Deze energie wordt opgeslagen in accu's voor gebruik door de elektromotor. De meeste brandstofcellen gebruiken waterstof.</p> <p>M.b.t. scheepvaart zijn er twee varianten mogelijk (zie figuur):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kade</th><th>Schip</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p><i>On-board reforming</i></p> <pre> graph LR diesel[diesel] --> dieseltank[dieseltank] dieseltank --> H2prod[H2 productie] H2prod --> brandstofcel[brandstofcel] </pre> </td><td> </td></tr> <tr> <td> <p><i>H₂ direct</i></p> <pre> graph LR H2[H2] --> H2prod[H2 productie] H2prod --> brandstofcel[brandstofcel] </pre> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <ol style="list-style-type: none"> 1. waterstof wordt aan boord opgeslagen onder hoge druk (H₂direct). De inrichting van een opslag voor waterstof aan de walkant is noodzakelijk. Hieruit wordt de waterstoftank in de boot gevuld (in enkele uren). 2. waterstof wordt in het vaartuig geproduceerd (on-board reforming) door omzetting van een andere (fossiele) brandstof (bijvoorbeeld LPG, benzine of schone diesel; praktijkinzet van dieselreforming is nog zeer experimenteel; hoe 'lichter' de brandstof is, hoe eenvoudiger het reformingsproces. Reforming van aardgas is daarom het eenvoudigst). De productie aan boord gebeurt met een zgn. <i>fuel processor</i>. Deze processor regelt achtereenvolgens: het ontzwavelen van de brandstof, toevoer aan de reformer, vorming gasmengsel met daarin veel waterstof en de verwijdering van CO uit het gas (clean-up en/of partial oxidation). Het eindproduct waterstof wordt toegevoerd aan de brandstofcel. <p>De rol van de accu als elektriciteitsvoorraad (voor de elektrische aandrijving) kan (grotendeels) worden overgenomen door een brandstofcelsysteem. Een kleinere accu blijft noodzakelijk voor de opstart van het brandstofcelsysteem, boordnet en levering van kortstondig piekvermogen. De brandstofcel is vanwege zijn opbouw met vlakke platen met anodes en kathodes wel enigszins vergelijkbaar met een accu. Hij wekt elektriciteit op wanneer er van buitenaf waterstof en lucht wordt toegevoerd en actief</p>	Kade	Schip	<p><i>On-board reforming</i></p> <pre> graph LR diesel[diesel] --> dieseltank[dieseltank] dieseltank --> H2prod[H2 productie] H2prod --> brandstofcel[brandstofcel] </pre>		<p><i>H₂ direct</i></p> <pre> graph LR H2[H2] --> H2prod[H2 productie] H2prod --> brandstofcel[brandstofcel] </pre>	
Kade	Schip						
<p><i>On-board reforming</i></p> <pre> graph LR diesel[diesel] --> dieseltank[dieseltank] dieseltank --> H2prod[H2 productie] H2prod --> brandstofcel[brandstofcel] </pre>							
<p><i>H₂ direct</i></p> <pre> graph LR H2[H2] --> H2prod[H2 productie] H2prod --> brandstofcel[brandstofcel] </pre>							

	<p>warmte wordt afgevoerd middels een gesloten koelwatercircuit. Het doorgaans toegepaste type brandstofcel is Proton Echange Membrane Fuel Cell (PEMFC). Het apparaat functioneert optimaal bij een werktemperatuur van 65 °C. De energieinhoud van de waterstof wordt voor ca. 50% omgezet in elektrische energie in de vorm van een continue gelijkspanning van bijvoorbeeld 48 V. Het uiteindelijke waterstofverbruik (g H₂/kWh) is afhankelijk van het werkpunt van de brandstofcel en het benodigde extra hulpvermogen. Tijdens deellast presteert de brandstofcel efficiënter dan in vollast waardoor er extra bespaard wordt op het waterstofgebruik. De overige 50% van de energieinhoud van de brandstof komt vrij in de vorm van lage temperatuur warmte en wordt aan de omgeving afgestaan middels een radiator (naar de buitenlucht) of via een bodemplaat-warmtewisselaar (naar het oppervlaktewater) in het schip.</p>
Effect emissiereductie	
Fijn stof (PM ₁₀)	Nul/zeer laag
Stikstofoxiden (NO _x)	Nul/zeer laag
CO ₂	Nul bij tanken van waterstof; bij on board reforming van een brandstof (bijvoorbeeld aardgas) zal dezelfde hoeveelheid CO ₂ vrijkomen als bij inzet van dezelfde hoeveelheid brandstof in een conventionele verbrandingsmotor het geval zou zijn.
Technische haalbaarheid	
Marktrijpheid en beschikbaarheid	Waterstof- en brandstofceltechnologie bevindt zich in de demonstratiefase, waarbij personen- en bedrijfsvoertuigen, scooters, bussen, vorkheftrucks en sloepen worden gedemonstreerd. In vrijwel alle gevallen wordt hoge-druk waterstof en lage-temperatuur PEM-brandstofcellen toegepast, al dan niet in combinatie met accu's voor elektriciteitsbuffering.
Operationele aspecten (prestatie, actieradius etc.)	<p>Het aandrijfsysteem van een rondvaartboot bestaat uit een waterstofopslag (gasvorming bij 200, 350 of 700 bar en omgevingstemperatuur), een brandstofcelsysteem van ca 50 kW_e, accu's en een elektromotor. De accu's dienen voor opstart en leveren piekvermogen tijdens afmeren en noodstops. Het is onwaarschijnlijk dat er diesel, lpg of aardgas wordt toegepast, vanwege extra kosten en systeemcomplexiteit voor on-board reforming naar waterstof, de uiteindelijke brandstof. Waterstofdruktanks zijn volumineus.</p> <p>Geschat waterstofverbruik is ca 10 kg per dag per boot (8 uur/dag x 20 kW_e / 45 %).</p> <p>Ofwel dagelijks een 350 liter waterstoftank afvullen bij 350 bar. Hiervoor zijn twee cilinders nodig van bijv. 2,1 m lengte en 42 cm doorsnede, die elk 4,9 kg waterstof bevatten.</p>
Ruimtebeslag en andere praktische randvoorwaarden inbouw	Opslagtanks aan boord nemen veel ruimte in beslag (door lage energiedichtheid brandstof is opslag onder hoge druk in 1 of meer cilinders noodzakelijk). In het geval van on board reforming is er ook een aanzienlijke hoeveelheid ruimte voor de reformer nodig. Daarnaast kunnen er nog eisen bestaan voor de afstand tussen verschillende systeemonderdelen en bijvoorbeeld de verplichting om tussenschotten te plaatsen.
Technische levensduur	De CUTE bussen in Amsterdam hebben drie jaar naar volle tevredenheid dienst gedaan. In het dak was een 200 kW _e

	PEMFC systeem ondergebracht, samen met negen drukcilinders van 350 bar.
Temperatuureisen uitlaatgas	De uitlaatgassamenstelling is lucht, die met waterdamp verzadigd is. Bij lage buitenluchttemperaturen ontstaat een wolk met waterdamp aan de uitlaat. Wel kan vorst een issue zijn. Vorstbestendigheid vereist speciale maatregelen ivm waterproductie en bevochtiging en koeling van de PEMFC stack.
Noodzakelijke externe voorzieningen	Een waterstoftankvoorziening aan de kade is noodzakelijk om (dagelijks) bij te kunnen tanken. In verband met veiligheid mogen alleen geïnstrueerde mensen deze tankprocedure uitvoeren (denk bijvoorbeeld aan aarding alvorens waterstof over te dragen).
Overige barrières/randvoorwaarden	<ul style="list-style-type: none"> Waterstof is brandbaar met een lage ontstekingsenergie. Vanwege het veiligheidsrisico dient het ontwerp van het systeem inclusief de waterstofopslag uiterst zorgvuldig te gebeuren. Het veiligheidssysteem bestaat uit goede ventilatie, actief meten met meerdere sensoren en automatische activering hoofdafsluiter. Hierbij speelt certificering van de apparatuur eveneens een belangrijke rol. Infrastructuur tankstation. Deze dient centraal gelegen te zijn maar is mogelijk problematisch te positioneren in het druk stedelijke Centrum. Grote veiligheidszone rondom tankstation (ca. 100 m).
Kostenraming	
Aanschaffkosten technologie	Kosten voor een enkel prototype zijn hoog. Deze dalen echter aanzienlijk zodra er meerdere kopieën van het ontwerp kunnen worden gemaakt, waardoor de ontwerps- en testactiviteiten over meerdere vaartuigen uitgespreid worden.
Verbruikskosten	Variabele kosten zijn voor de brandstof en voor onderhoud. Aanvankelijk vergt het gespecialiseerde mensen (met dito uurtarief) die het systeem operationeel kunnen houden.
Onderhoudskosten	Nader te bepalen; thans alleen experimentele systemen in gebruik of ontwikkeling.
Afschrijvingskosten per jaar bij verwachte levensduur	De PEMFC stack zal gedurende de verwachte levensduur van ca 10 jaar periodiek moeten worden vervangen. Kosten nader te bepalen; thans alleen experimentele systemen in gebruik of ontwikkeling
Beleidsmatige haalbaarheid	
Instrumenteerbaarheid / afdwingbaarheid	Goed; op basis van normstelling of convenanten eenduidige eis
Handhaafbaarheid	-
Maatschappelijke acceptatie	-
Overige beleidsaspecten	-
Overige onzekerheden/randvoorwaarden	
Voorbeelden en demonstratieprojecten (eventueel in appendix)	
<ul style="list-style-type: none"> Fuel Cell boat B.V (www.fuelcellboat.nl) Cute bussen 	

- Rondvaart Delft heeft interesse getoond om hun accuboot met elektrische aandrijving om te bouwen tot brandstofcelboot. Hiervoor heeft ECN een voorontwerp gemaakt.
- Op het ECN terrein rijdt het HydroGEM brandstofcel-bedrijfsvoertuig. Tevens bevindt zich in Petten een 200 bar waterstoftankstation, dat gebruik maakt van opslag in flessenpakketten (32 drukcilinders).
- De Frisian Hydrogen Xperience is een waterstofsloep, waarin waterstof onder 200 bar wordt opgeslagen en middels een Ballard Nexa, PEMFC brandstofcelsysteem wordt omgezet in 1,2 kW_e voor de aandrijving. Deze sloep vaart momenteel in Amsterdam.
- ECN heeft een voorontwerp gemaakt voor een waterstof-fluistersloep voor gebruik in de provincie Zeeland.
- Door het Amsterdamse FormulaZero is een waterstofkart ontwikkeld, waarvoor ECN het eerste systeemontwerp gemaakt heeft. Hierin wordt een brandstofcelsysteem gecombineerd met een supercondensatorpakket voor het leveren van hoge piekvermogens voor acceleratie. Dit voertuig is het snelst-accelererende brandstofcelvoertuig ter wereld.
- De Dienst Binnenwaterbeheer van de gemeente Amsterdam overweegt om een brandstofcelvaartuig te laten bouwen met on board reforming. Ecofys geeft hiertoe een studie uitgevoerd.
- Recentelijk heeft het Beverwijkse HyTruck b.v. een prototype waterstof-transportvoertuig ontwikkeld. Dit is voorzien van een grote 350 bar waterstoftank, in combinatie met een 16 kW_e brandstofcelsysteem en een groot pakket aan Li-ionbatterijen.

3.6 Micro dieselgasturbine

Micro diesel turbine		
Korte technische omschrijving		
	<p>Capstone MicroTurbine. Een generatorset op basis van een minigasturbine van 30 of 65 kW_e. Het unieke ontwerp draagt bij aan lage emissies voor uitlaatgassen, maar ook qua geluid. De dieselluitvoering van de modellen behalen zonder nabehandeling een uitstoot van 0,3 g/kWh NO_x en een niet te meten hoeveelheid fijnstof. Gebaseerd op specificaties zal het CO₂ uitstoot iets hoger liggen door het lagere rendement van de minigasturbine. In de praktijk blijkt echter dat bij een conventionele aandrijflijn het geïnstalleerd vermogen tijdens varen slechts voor 25 á 30% wordt aangesproken. Het rendement van een conventionele motor is dan ook aanzienlijk lager dan de opgeven ISO condities bij vollast.</p> <p>De keuze voor een diesel-elektrische opstelling ligt hierbij voor de hand. Een generatorset voorziet op nominaal vermogen de energie die nodig is voor normale vaart. Een stukje overcapaciteit wordt opgeslagen in een accupakket. De opgeslagen energie wordt als extra aangesproken tijdens het manoeuvreren. Daar de minigasturbine niet geschikt is voor directe aandrijving past het goed in een DE opstelling. Het lagere rendement kan ruimschoots gecompenseerd worden door het ontbreken van SCR en/of roetfilter. (het regenereren van de roetfilter vraagt immers ook extra brandstof) Tevens zullen lage geluidsniveau en ontbreken van trillingen een minimale hinder veroorzaken. Ook het ontbreken van smeeren koelmiddelen draagt bij aan een lagere belasting van het milieu. Een eventuele overstap naar het gebruik van aardgas als brandstof is eenvoudig te realiseren.</p>	
Effect emissiereductie		
Fijn stof, PM ₁₀ kton	Schatting: 0,027 g/kWh	(opgave PON Power BV)
Stikstofoxiden, NO _x	0,36 g/kWh	
Brandstofverbruik, CO ₂	13.000 kJ/kWh	
Ureum verbruik	geen	
Technische haalbaarheid		
Marktrijpheid en beschikbaarheid	Bewezen techniek, commercieel beschikbaar. Toegepast op bijvoorbeeld satelliet platformen.	
Operationele aspecten (prestatie, actieradius etc.)	Tenminste gelijk aan prestaties van conventionele motoren.	
Ruimtebeslag en andere praktische randvoorwaarden inbouw	Turbine is qua volume gelijk aan generator met omkasting. Een eventueel accupakket voor hybride kan eenvoudig als ballast verdeeld worden over het schip. Geen voorzieningen voor smeerolie en aanleg van koelwatersysteem. Geen zware fundatie met damping voor mechanische trillingen.	
Technische levensduur	80.000 uur. Revisie bij 40.000h	
Temperatuureisen uitlaatgas?	300 gr. C	

Noodzakelijke externe voorzieningen	Geen.
Overige barrières/randvoorwaarden	De minigasturbine is niet geschikt voor directe aandrijving van schroef. Een hybride systeem is onvermijdelijk.
Kostenraming	
Aanschafkosten technologie	Ca. 1200 €/kW. Dit is exclusief benodigdheden voor hybride aandrijving. Dit kan immers ook realiseert worden met een conventionele generatorset.
Verbruikskosten	Alleen brandstof (géén ureum voor NO _x reductie)
Onderhoudskosten	Ca. 1 €ct/kWh
Afschrijvingskosten per jaar bij verwachte levensduur	
Beleidsmatige haalbaarheid	
Instrumenteerbaarheid / afdwingbaarheid	-
Handhaafbaarheid	-
Maatschappelijke acceptatie	-
Overige beleidsaspecten	-
Overige onzekerheden/randvoorwaarden	
-	
Voorbeelden en demonstratieprojecten (eventueel in appendix)	
-	

3.7 Diesel-Elektrisch

Diesel-Elektrisch (beknopte fatsheet)		
Korte technische omschrijving		
	<p>Bij het diesel-elektrisch concept (ook 'power station' concept' genoemd) wordt alle energie uit de dieselmotor(en) eerst omgezet in elektriciteit en - al dan niet via een buffersysteem van accu's - via een elektromotor omgezet in de draaibeweging van de schepsschroef (elektriciteitsproductie aan boord). De draairichting van een elektromotor en de hieraan gekoppelde schroef wordt omgedraaid door de polen van de motor met een schakelaar te wisselen. Een belangrijk voordeel van het diesel-elektrisch concept is dat de verbrandingsmotor in zijn optimale werkpunt kan blijven draaien waardoor de efficiëntie hoger is en de emissies lager. Dit concept spaart energie vooral bij lage toerentallen. Voor de rondvaart is het concept interessant om dat gebruik gemaakt kan worden van reeds op de markt zijnde zeer schone aggregaten. De geproduceerde elektriciteit kan bovendien benut worden voor boordverlichting en airco. Hier is dus geen hulpgenerator meer nodig.</p> <p>De diesel-elektrische configuratie leidt tot een optimalisering van het gebruik van de dieselgeneratoren, bijvoorbeeld bij lage snelheid is één generator (op vollast) al voldoende. Voor het snel verkrijgen van een hoge snelheid kunnen dan alle generatoren (optimaal werkend) benut worden. Als één van de hulpgeneratoren stuk gaat, kan deze functie worden overgenomen door de andere. De te gebruiken dieselmotoren zijn vergelijkbaar met die van vrachtwagens. Deze kunnen op laag-zwavelige dieselolie rijden.</p>	
Effect emissiereductie		
Fijn stof, PM ₁₀ kton	Bij toepassing van de allerschoonste aggregaten moeten emissies haalbaar zijn die vergelijkbaar zijn met de inzet van de schone nieuwe motoren vergelijkbaar met het wegverkeer (zie ook factsheet 1; schone nieuwe motoren). Bij Inbship (zie Voorbeelden) is brandstofgebruik ca. 10-40% lager; hieruit volgen vergelijkbaar lagere emissieniveaus.	-
Stikstofoxiden, NO _x		
Brandstofverbruik, CO ₂		
Technische haalbaarheid		
Marktrijpheid en beschikbaarheid	Commercieel beschikbaar.	

Operationele aspecten (prestatie, actieradius etc.)	Goed toepasbaar voor kleinere schepen, ook toepasbaar voor schepen waar hulpbedrijf veel energie vraagt
Ruimtebeslag en andere praktische randvoorwaarden inbouw	Geen grote problemen verwacht
Technische levensduur	Verwachting tien jaar zonder mankement
Temperatuureisen uitlaatgas?	-
Noodzakelijke externe voorzieningen	-
Overige barrières/randvoorwaarden	-
Kostenraming	
Aanschafkosten technologie	- ruwe vuistegel is 1000 € per kW
Verbruikskosten	Vergelijkbaar met huidige technieken
Onderhoudskosten	-
Afschrijvingskosten per jaar bij verwachte levensduur	-
Beleidsmatige haalbaarheid	
Instrumenteerbaarheid / afdwingbaarheid	Goed; op basis van normstelling of convenanten eenduidige eis met typekeur
Handhaafbaarheid	Goed; op basis van typekeur
Maatschappelijke acceptatie	Maar verwachting oog
Overige beleidsaspecten	-
Overige onzekerheden/randvoorwaarden	
Voorbeelden en demonstratieprojecten (eventueel in appendix)	
<ul style="list-style-type: none"> • Inbship (CRAFT project) • Truck engined oil tanker • Swedish Ecoship 	

3.8 Boegschroef

Van deze optie is geen Factsheet beschikbaar. In plaats daarvan is hieronder een brief/document toegevoegd, zoals ter beschikking gesteld door de heer Hans Eysink Smeets, die kennisdrager is op dit gebied.

<p>Geachte mevrouw Verhoeff,</p> <p>Wij spraken gisteren. Ik beloofde u wat tips toe te sturen. Dat alles was naar aanleiding van het nieuwe plan voor schonere Amsterdamse lucht. Voor dat soort initiatieven kunnen we alleen maar applaus geven.</p> <p>We missen in het plan echter de <i>korte termijn</i> aanpak van de rond 90 graden hoeken stekend, en o.m. daardoor zeer vervuilende rondvaartboten die bovendien een frituurlucht (door biobrandstof) in de gehele binnenstad verspreiden. Dat is het geval op tientallen draaipunten volgens uw collega's bij de Dienst Binnenwaterbeheer. Op mooie dagen is het van 's ochtends vroeg tot 's avonds laat file-varen van de rondvaartboten. O.m. bij ons op de hoek Brouwersgracht/ Singel. Heb daar eerder namens onze VVE met uw Binnenwaterbeheer over gesproken, en hen ook een aantal korte termijn maatregelen voorgesteld, die niet tot kapitaalvernietiging leiden. En ook het milieu sparen.</p>

Zoals ik het begrepen heb is mevrouw Vos inderdaad bezig met het voorbereiden van een proef voor een (1) door waterstof aangedreven rondvaartboot. Verder hoorde ik dat er gekeken zal worden hoe nieuwe rondvaartboten kleiner moeten worden, zodat ze minder hoeven te steken. En van u hoor ik ook een aantal initiatieven. Prachtig, maar dat zal dan minstens tot 2012, en vermoedelijk decennia gaan duren voor er verbetering optreedt, want het economische leven van een rondvaartboot is vele tientallen jaren. Er gaat nu al 15 jaar respijt aan de rondvaartbranche gegeven worden, zo hoor ik uit de Raad. Waar dat respijt dan precies voor zou zijn, is me onduidelijk.

Misschien komen we zo dan wel aan een perfecte *lange termijn* oplossing, maar we kunnen op *korte termijn* ook veel verbeteren, zonder dat we de rondvaartboten het leven onmogelijk maken. Want Amsterdam zonder rondvaartboten is niet voor te stellen.

Ik kom uit een varende familie, heb zelf al tientallen jaren boten, vandaar dat ik op de volgende 2 pagina's korte termijnoplossingen beschrijf. Uiteraard beantwoord ik graag uw vragen.

Met vriendelijke groet, mede namens de VVE Brouwersgracht/ Singel
Hans Eysink Smeets, Singel 26, 1015 AA Amsterdam.

De meest effectieve korte termijn oplossingen.

Alle rondvaartboten een boeg- en hekschroef verplicht stellen: daarmee vermijd je steken.

Simpele, onmiddellijke, de meeste effectieve en niet dure oplossing. Doodnormale technologie, heel veel boten, groot en klein, hebben inmiddels al tientallen jaren dit soort schroeven. Investering van enkele duizenden euro's per boot. Met direct resultaat, want het steken met hoge toerentallen rond haakse bochten is juist waardoor zo veel rommel de binnenstad wordt ingeblazen. Bij lage toeren (normaal voor rondvaartboten op de rechte stukken) draait een diesel niet optimaal. Bij steken met hoge toeren wordt zeer onvolledig verstookte brandstof uitgestoten.

(Voor botenleken: een boegschroef is een schroef voorin het schip, dat dwars op de vaarrichting staat. Een hekschroef is hetzelfde, maar dan achterin het schip. Alsof je dus in een auto voor- en achterwielen 90 graden dwars op de auto kan zetten, en zo zijdelings de parkeerplaats in kan rijden. Zo kan een boot met boeg- en hekschroef zijdelings varen, maar ook, door boeg- en hekschroef in tegengestelde richting te laten draaien, om zijn eigen as 360 graden in het rond draaien. Zonder steken. Zonder extra uitlaatgassen, want de hek- en boegschroeven zijn elektrisch aangedreven. Ook nog even voor botenleken: het met groot motorvermogen steken om een haakse bocht doe je om een waterstroom tegen het dwarsstaande roer aan te blazen, en zo de achterkant van het schip naar links of rechts te forceren. Je moet echt veel gas geven, om in korte tijd voldoende druk tegen het roer te creëren. Omdat je echter ook een voorwaartse beweging creëert, moet je met groot vermogen weer achteruitslaan waarbij je ook gebruik maakt van de draairichting van de schroef. Dat herhaal je een aantal keren om een haakse bocht om te komen.)

Korte termijnoplossingen.

Emissienormen afspreken.

Simpele, directe oplossing. Daarmee dwing je goede afstelling van o.m. de brandstofpompen en de kleppen af en dat scheelt al bijzonder veel. Lang niet alle Amsterdamse rondvaartboten zijn goed afgesteld. Ik weet van de nationale en Europese regelgeving, maar de situatie van Amsterdam met zijn grachten en zeer veel rondvaartboten in een stadskern is uniek in de wereld.

APK voor de diesels instellen.

Simpele, directe oplossing. Kan aan die emissienormen gekoppeld worden. Blauwe rook van veel rondvaartboten duidt op slijtage, want dan ben je smeerolie aan het verbranden. Te oude motoren dus verplicht laten reviseren/ vervangen.

Roetvangende filters verplichten.

Simpele, directe oplossing. Er zijn filters op de markt voor de uitlaten, om roet af te vangen. Kost ook niet de hoofdprijs.

Toerentalbegrenzer.

Simpele oplossing, geen enorme investering. Bij lage toeren (normaal voor rondvaartboten op de rechte stukken) draait een diesel niet optimaal. Bij steken met hoge toeren wordt zeer onvolledig verstoekte brandstof uitgestoten. Probleem van noodsituaties, en varen over het IJ, dat wel.

Vrijwillig toerental begrenzen.

Je kan met de sector afspreken dat er in de binnenstad niet voluit gestoken en gedraaid wordt. Makkelijk, kost niks, maar moeilijk te handhaven.

Ook korte termijn, maar waarschijnlijk andere regelgeving doorkruisend.

Gewone diesel verplichten.

Simpele, directe oplossing. De andere kant van het stoppen van de subsidie. Stopt meteen die boten die nog bio-diesel stoken. Kan ook makkelijk: diesels die omgebouwd zijn van normale diesel naar biodiesel kan je in de meeste gevallen weer zonder ingreep op reguliere diesel stoken.

(Gewone diesel is niet slechter voor het milieu in Amsterdam dan biobrandstof. Dat is -mits van de juiste kwaliteit- een zeer zuivere brandstof. Bio-diesel bewijst bovendien inmiddels dat het niet ideaal voor de eigenaar van de boot is. De Koninklijke Marine heeft in recent onderzoek vastgesteld, dat met bio-diesel je last krijgt van bacteriegroei in de tanks. Bio-diesel lost bovendien roest en vuil in de tanks op, dat komt in filters en motor terecht, en dat wordt dus weer een volgend drama. Ook weer in milieuopzicht.)

Hoge kwaliteit diesel verplichten.

Simpele, directe oplossing. Dieselbrandstof is er in categorieën, waarbij de slechtste veel zwavel bevat, en de beste nauwelijks. Er wordt door schepen vaak de grootst mogelijke troep verstoekt. Op zeeschepen sowieso, maar ook de binnenvaart kent dat. Iedereen mag stoken wat die wil, maar het is een beetje raar dat we oldtimer auto's gaan weren, en de rondvaartboten hun gang laten gaan.

Langere termijn oplossingen.

Hybride, electro/diesel gaan varen met generator.

Kan nu al, is geen rocket-science. Bewezen oplossing, niet experimenteel zoals waterstof. Mooie, maar duurdere oplossing in vergelijking met de oplossingen hierboven. Want dat vraagt ingrijpen in het voortstuwingssysteem van de boten. Kost beduidend meer, zal enige tienduizenden euro's per schip gaan kosten. Zou je dat verplichten bij nieuwe schepen, dan gaat het decennia duren. Kan je wel verplichten bij inbouw van nieuwe motoren, waarvan het economische leven korter is dan de boten in veel gevallen.

3.9 Oxidatiekatalysator

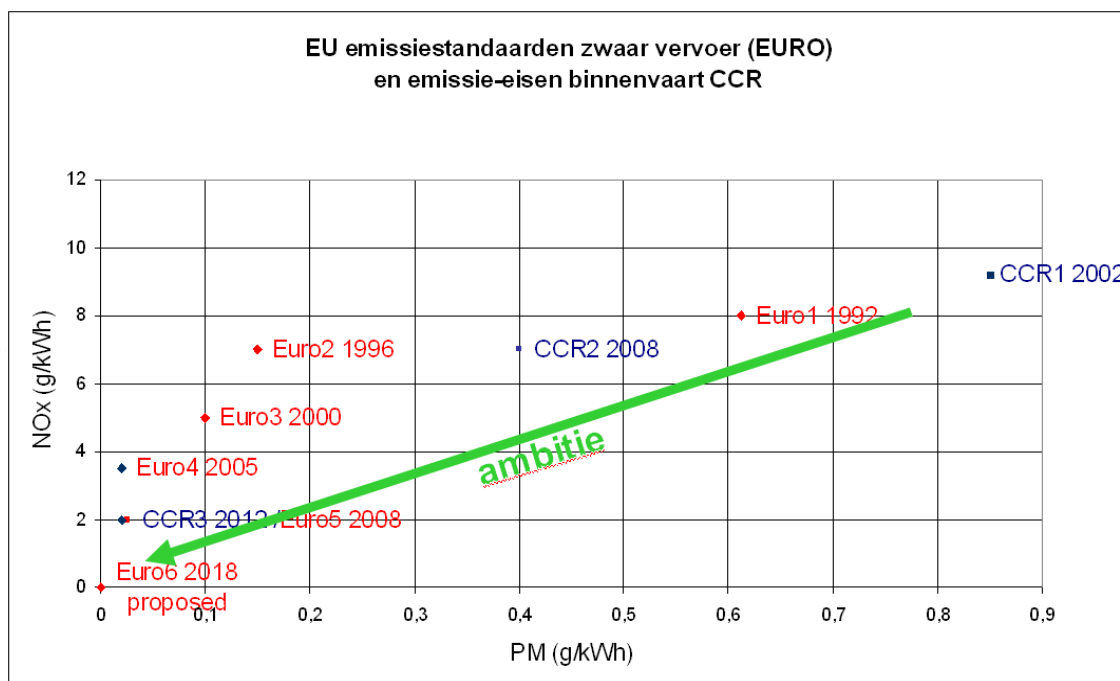
Een oxidatiekatalysator kan de emissies van koolwaterstoffen (HC) en koolmonoxide (CO) met meer dan 90% verlagen. Ook de deeltjesemissies kan in beperkte mate worden verminderd met een oxidatiekatalysator. Een oxidatiekatalysator vereist een laag zwavelgehalte. Een zwavelgehalte van 500ppm in de brandstof - dus reeds 4 maal lager dan de huidige 2000 ppm voor de standaard binnenvaartgasolie - wordt als maximum beschouwd. Nu de rondvaart op overschakelt op zeer zwavelarme brandstof kunnen oxidatiekatalysatoren dus zonder beperkingen worden ingezet. Overigens is biobrandstof is overigens reeds van nature zeer zwavelarm.

(Clean air systems, 2005).

4. Beleidsinstrumenten schonere rondvaart

4.1 Aanvangsambitieniveau

Tijdens de studie, die heeft geresulteerd in het nu voorliggende rapport, is door de teamleden een ambitieniveau voor uitstoot van de rondvaart geformuleerd voor 2012 en 2018. Harmonisatie van emissienormen voor de rondvaart met het wegverkeer op termijn was daarbij het uitgangspunt.



Figuur 4.1 Emissienormstelsels wegtransport en binnenvaart en ambitieniveau van schone rondvaart

4.2 Juridische mogelijkheden

4.2.1 De Verordening op de haven en het binnenwater 2006 (VHB).

In deze verordening is bepaald dat er vergunning nodig is om met passagiers te mogen varen (artikel 2.4.5 VHB). Daarnaast is er bepaald dat er, ter bescherming van de belangen die ten grondslag liggen aan het vergunningvereiste, voorschriften en beperkingen kunnen worden verbonden aan de vergunning (artikel 1.2.6 lid 2). Een van de belangen die worden genoemd is milieu. En er is bepaald dat de vergunning kan worden ingetrokken of gewijzigd indien "op grond van een verandering van omstandigheden of inzichten intrekking of wijziging nodig is vanwege een belang, of de belangen ter bescherming waarvan de vergunning of ontheffing is vereist;" (artikel 1.2.8 lid 1 sub c).

Er kunnen dus Amsterdamse eisen worden gesteld aan de milieuvriendelijkheid van de passagiersvaartuigen, zowel wat de voortstuwing als wat het hulpvermogen voor de "huishoudelijke" apparatuur aan boord betreft. Die eisen kunnen ook worden aangescherpt als dat nodig blijkt. Uiteraard is er geen volledige vrijheid om eisen te stellen, die vrijheid wordt beperkt door de algemene beginselen van behoorlijk bestuur: redelijkheid en billijkheid,

rechtsgelijkheid en gelijke behandeling, de eisen (en de gevolgen die ze hebben voor de vergunninghouder) moeten in verhouding staan tot het belang dat gediend is daarmee. Vanzelfsprekend mag er ook geen strijdigheid ontstaan met de overige geldende wet- en regelgeving. Je moet dus beoordelen wat het aanscherpen van eisen ten aanzien van emissie voor consequenties heeft voor de onderneming en de bedrijfsvoering, en of het voldoen aan die scherpere eisen zoveel milieuwinst oplevert dat het redelijk is om die eisen te stellen. Rechtsgelijkheid en gelijke behandeling betekent overigens niet dat aan iedere reder en iedere boot dezelfde eisen moeten worden gesteld, dat is alleen zo als de gevallen ook gelijk zijn. Daarbij (het beoordelen of de gevallen gelijk zijn) kun je bijvoorbeeld in aanmerking nemen dat een deel van de rondvaartboten echt van 's morgens 9 uur tot 's avonds 11 uur in de binnenstad (en dus dichtbevolkt gebied) rondvaart en dat een ander deel (salonboten onder andere) een veel beperkter aantal uren maakt. Dat er kleinere en grotere reders zijn en dat er in verband daarmee ook al grote verschillen in bedrijfsvoering en draagkracht zijn was al bekend.

Met andere woorden: het is juridisch wel mogelijk om over te gaan op één strengere norm, de VHB geeft daar ook handvaten voor, maar het is ook mogelijk om (kijkend naar effect van de strengere eisen) meer maatwerk te leveren.

4.2.2 De andere relevante verordeningen.

A. De Verordening op de gemakheidsretributie regelt dat er een bedrag per passagier afgedragen moet worden. De gemeenteraad stelt de hoogte van dit bedrag vast. Op dit moment is dat € 0,55 per passagier en voor waterfietsen en stationerende vaartuigen (dus bij niet-varende evenementen op het water) € 0,27 per passagier. Die verordening kent dus nog niet echt een milieutarief. In theorie is het mogelijk om daar een wijziging in aan te brengen (hoewel een SP-voorstel hierover vorig jaar niet aangenomen is door de Raad). Je moet dan wel goed onderbouwen waar dat voor bedoeld is. Het geldbedrag dat gemoeid is met deze verordening (ik kan geen exacte cijfers geven, dat verschilt per jaar, maar het zou om circa 3 miljoen passagiers per jaar gaan) is aanzienlijk en gaat naar onderhoud van kademuren en straten. Als je daar een deel van wilt "terugsluizen" als investeringssubsidie om schoner te varen, of de opbrengsten wilt verminderen door het invoeren van een lager milieutarief, zal een goede lobby nodig zijn.

Ook hier geldt dat een lager milieutarief vooral voor de "klassieke" rondvaart met veel vaaruren en passagiers lucratief kan zijn.

B. De verordening Binnenhavengeld. Die kent inderdaad een milieutarief, zowel voor bedrijfsvaart als voor pleziervaart. Onder milieuvriendelijk wordt in die verordening verstaan: elektromotor, waterstofmotor of spierkracht. Voor passagiersvaartuigen is het tarief € 3,24 per vierkante meter scheepsoppervlak per jaar, en voor milieuvriendelijke passagiersvaartuigen is dat een fractie minder dan € 2 per vierkante meter per jaar. Voor een boot van 20 bij 4,25 scheelt dat dus ruim € 106 per jaar. Ik denk niet dat dat heel erg stimuleert om duizenden euro's te investeren in schonere techniek. De gemakheidsretributie lijkt dan kansrijker.

4.3 Stimulerende opties

Financiële steun

Voor wie gaat investeren in schone techniek zijn er verschillende programma's die - afhankelijk van techniek, effect van de investering, aard van de investering en aard van de aanvrager - die interessant kunnen zijn:

Bestaand

- VERS regeling
 - www.SenterNovem.nl/vers

- De regeling is bedoeld voor ombouw (retrofit) van scheepsdieselmotoren. Om voor de regeling in aanmerking te komen moeten de motoren na de ombouw voldoen aan een NO_x-uitstoot van niet meer dan 2g/kWh voor nieuwe schepen en 3g/kWh voor bestaande motoren.
- Er kan zowel voordat de investering is gedaan subsidie aangevraagd worden maar ook nadat de investering heeft plaatsgevonden. Alleen installaties die na inwerkingtreding van de regeling zijn ingebouwd komen in aanmerking voor subsidie. Aanvragen voor de regeling kunnen uiterlijk tot en met 15 oktober 2008 worden ingediend.
- VAMIL/MIA
 - www.senternovem.nl/mia
 - De MIA biedt ondernemers die investeren in milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen de mogelijkheid tot 40 procent van het investeringsbedrag in mindering te brengen op de fiscale winst. Het percentage van de aftrek is afhankelijk van de milieueffecten en de gangbaarheid van het bedrijfsmiddel.
 - voor scheepvaart zijn m.n. interessant:
 - http://www.senternovem.nl/VAMIL_MIA/milieulijst/index.asp?s=B&q=scheepvaart&i=2756 (o.a. voor SCR systemen (NO_x reductie))
- EIA
 - www.senternovem.nl/eia
 - Energie-investeringsaftrek. Geen subsidie. De Energie-investeringsaftrek (EIA) is een fiscale regeling voor ondernemers, die investeren in energiebesparende bedrijfsmiddelen en de toepassing van duurzame energie. Met de EIA heeft u dubbel voordeel: lagere energiekosten én u betaalt minder inkomsten- of vennootschapsbelasting.
 - Met de EIA wil de overheid het Nederlandse bedrijfsleven aansporen tot energiebesparing en toepassing van duurzame energie. Als u investeert in energiebesparende bedrijfsmiddelen of duurzame energie, kunt u via de EIA 2008 44% van de investeringskosten aftrekken van de fiscale winst van uw onderneming. Het directe financiële voordeel is afhankelijk van het belastingpercentage en bedraagt ongeveer 11% van de goedgekeurde investeringskosten. De EIA kunt u toepassen naast de gewone investeringsaftrek. In 2008 kunt u per ondernemer/fiscale eenheid over maximaal € 111 miljoen aan energie-investeringskosten EIA aanvragen.
- EOS / UKR
 - www.senternovem.nl/eos
 - www.senternovem.nl/ukr
 - mogelijk dit jaar nog een tender voor demonstratie projecten.
 - risico: de regeling is generiek. dwz. dat scheepvaartprojecten het moeten opnemen tegen projecten uit andere branches, waar soms makkelijker een reductie te behalen is. Als gevolg daarvan is de slaagkans mogelijk geringer.
- NSL
 - Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht (NSL) zit tegenwoordig versleuteld in de Wet Milieubeheer (H5). Via het NSL geeft het Rijk tientallen miljoenen aan decentrale overheden (7 Provincies en de G4). Met deze miljoenen moeten de decentrale overheden hun luchtkwaliteitsknelpunten oplossen. Eigenlijk (maar dat doen ze niet allemaal) moet dit geld besteed worden aan infrastructurele maatregelen. Mogelijk dat vanuit dit programma geld beschikbaar kan komen voor infrastructurele voorzieningen die Amsterdam zou kunnen treffen om schone rondvaart te faciliteren. (ligplaatsen met walstroom e.d.?)
 - NSL is geld voor gemeenten, dus niet direct voor bedrijfsleven
 - <http://www.infomil.nl/asp/get.aspx?xdl=/views/infomil/xdl/Page&ItmIdt=29735&SitIdt=111&VarIdt=82#TrajectNSL>
- Innovatie-prestatiecontracten
 - www.senternovem.nl/ipc
 - De regeling richt zich op MKB-bedrijven die een inhoudelijke samenhang met elkaar hebben (keten, regio, thema, branche etc.). De MKB-bedrijven voeren met behulp van

een penvoerder een eigen meerjarig innovatieplan uit, waaronder ook collectieve projecten met andere IPC-deelnemers.

- De Subsidieregeling InnovatiePrestatieContracten (IPC) is een regeling om het innovatief vermogen van het MKB te stimuleren. Van belang daarbij is de samenwerking en kennisoverdracht binnen een groep MKB-bedrijven die samenhang met elkaar hebben (keten, regio, thema, branche etc.). In 2008 is er voor de Subsidieregeling InnovatiePrestatieContracten (IPC) een budget van € 10,5 miljoen ter beschikking gesteld.
- InnovatieVouchers
 - www.senternovem.nl/voucher
 - Minder relevant als het gaat om snel een investering in maximale emissiereductie te realiseren, wel relevant om iemand uit te laten zoeken wat voor een bepaalde ondernemer de beste mogelijkheid zou zijn.
 - De Subsidieregeling Innovatievouchers heeft als doel MKB-ondernemers in contact te brengen met kennisinstellingen, om de reeds bestaande kennis te benutten ter verbetering van hun product, productieproces of dienst. Daarnaast kan een innovatievoucher ingezet worden voor het aanvragen van een octrooi.
 - Het indienen van een aanvraag voor een kleine of grote innovatievoucher kan door een MKB-ondernemer. Een kleine innovatievoucher is maximaal € 2500 waard. Een grote innovatievoucher is maximaal € 7500 waard, waarbij een verplichte eigen bijdrage van 1/3^e deel geldt. Bij een grote voucher wordt maximaal € 5000 aan subsidie uitbetaald.

In ontwikkeling

- Innovatieprogramma Binnenvaart
 - In opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat wordt momenteel gewerkt aan het opzetten van een innovatieprogramma voor de binnenvaart. Precieze vorm en inhoud zijn nog onbekend, maar mogelijk zullen hier ook emissiereducerende technieken in worden opgenomen. Ook is de vorm van dit programma nog onbekend. Het betreft een totaal subsidiebudget van € 10 miljoen.
- VROM aanpak scheepvaart
 - VROM inventariseert de mogelijkheden om de emissie van NO_x en PM₁₀ door binnenvaart terug te dringen. Wanneer en in welke vorm dit leidt tot steunmogelijkheden is nog niet bekend. Belangrijk aandachtspunt bij de opzet hiervan is de mogelijkheid aansluiting te bieden aan of aan te sluiten bij regionale initiatieven.
- Rijnmond-regio
 - In de regio rijnmond wordt gewerkt aan het opzetten van een eisenpakket aan de emissie van scheepvaart, dat mogelijk gepaard zal gaan met het opleggen van boetes aan 'vuilere' schepen, welk geld vervolgens ten goede moet komen aan schone investeringen voor diezelfde sector.

4.4 Beleidslijnen

Tijdens de studie zijn door de teamleden de onderstaande ambitieniveaus voor uitstoot van de rondvaart geformuleerd en voorzien van beleidslijnen die zouden kunnen worden ingezet om de gewenste lagere uitstoot van de vloot te realiseren.

1) Alle bestaande motoren dienen met ingang van 1 januari 2009 (of xxxx) te worden vervangen door een motor met emissiekenmerken vergelijkbaar met de Euro5 norm voor het vrachtverkeer op de weg, of met de toekomstige CCR3 motor voor Rijnvaartgecertificeerde binnenvaartschepen, zodra een motor de leeftijd van 10 jaar bereikt.

2) Indien de Euro6 motor op de markt komt (waarvan de precieze emissie eisen op dit moment nog niet bekend zijn), dienen de onder (1) genoemde bestaande motoren te worden vervangen door een motor met emissiekenmerken vergelijkbaar met deze Euro 6 motor.

3) Indien een bestaande motor niet vóór 1 januari 2011 (of een nader te kiezen ander jaar) is vervangen door een motor met emissiekenmerken vergelijkbaar met de Euro5 norm voor het vrachtverkeer op de weg, of met de toekomstige CCR3 motor voor Rijnvaartgecertificeerde binnenvaartschepen, dient deze motor:

(a) te worden uitgerust met een nageschakeld roetfilter waarmee de bestaande motor voor de component roet (PM_{10}) kan voldoen aan de emissiekenmerken vergelijkbaar met de Euro5 norm voor het vrachtverkeer op de weg, of met de toekomstige CCR3 motor voor Rijnvaartgecertificeerde binnenvaartschepen.

én, eventueel op een latere datum, bijvoorbeeld 2014 (of een nader te kiezen ander jaar) (vanwege de hogere kosten en lagere gezondheidsschade van NO_x in vergelijking met roet):

(b) te worden uitgerust met een nageschakelde katalytische SCR De NO_x installatie waarmee de bestaande motor voor de component NO_x kan voldoen aan de emissiekenmerken vergelijkbaar met de Euro5 norm voor het vrachtverkeer op de weg, of met de toekomstige CCR3 motor voor Rijnvaartgecertificeerde binnenvaartschepen.

4) Daarenboven dienen motoren die worden gevoed met biobrandstof (nader te omschrijven) met ingang van 1 januari 2011 (of een nader te kiezen ander jaar) te worden voorzien van een oxidatiekatalysator (waarmee de “frietlucht” die deze motoren thans uitstoten sterk wordt gereduceerd).

5) De reders zijn vrij om de onder de punten 1-4 genoemde emissiewaarden anderszins te realiseren door inzet van een alternatieve technologie (waaronder bijvoorbeeld gasmotoren, elektrische aandrijving, waterstof-brandstofcel etc.)

Daarnaast is het wellicht een goed idee om de “early adaptors” te ondersteunen met een subsidieregeling en/of andere faciliteiten, hetzij gedurende een bepaalde tijd, hetzij voor de eerste x schepen. Op deze manier wordt de drempel voor de vooroplopende reders laag, terwijl daarmee tevens in de praktijk wordt aangetoond dat een bepaalde technologie haalbaar en betaalbaar is.

Hierbij overwegende dat:

- De motoren van rondvaartboten gemiddeld elke 10 jaar worden vervangen.
- Er voor 2012, binnen ons projectteam, een ambitieniveau bestaat voor emissie vergelijkbaar met de Euro5 normen voor het vrachtverkeer op de weg / de toekomstige CCR3 normen voor de Rijnvaartgecertificeerde binnenvaart.
- Er voor 2018, binnen ons projectteam, een Euro6 ambitieniveau bestaat
- Dat daartegenover staat dat er zoveel mogelijk draagvlak dient te worden gecreëerd bij de reders; en dat de gewenste emissieniveaus technisch- én economisch haalbaar dienen te zijn.
- De emissiewaarden voor de toekomstige Euro6 op dit moment nog niet bekend zijn (verwachte orde van aanscherping: NO_x en PM_{10} ca. 5 maal lager dan Euro5)
- Dat met een nageschakeld roetfilter, bij bestaande dieselmotoren (mits voorzien van directe inspuiting) met een goed werkend roetfilter een emissie gerealiseerd kan worden vergelijkbaar met CCR3/Euro5
- Dat met een De NO_x installatie (waarbij een ureum-oplossing moet worden ingespoten in het uitlaatgas én de uitlaatgastemperatuur boven ca. 250 °C moet zijn) bij bestaande dieselmotoren een emissie gerealiseerd kan worden vergelijkbaar met de Euro5 normen voor het vrachtverkeer op de weg / de toekomstige CCR3 normen voor de Rijnvaartgecertificeerde binnenvaart.

4.5 Convenant als alternatief

Een convenant als alternatief voor bindende emissieregelgeving is in deze studie niet onderzocht.

In een convenant (zoals opgesteld m.b.t. milieuzones) keren een aantal begrippen telkens terug. In Amsterdam is sprake van een convenant bevoorrading binnenstad voor vrachtverkeer zwaarder dan 7,5 ton (1996) en het instellen van een milieuzone binnen de ring (2007). Een convenant is in eerste aanzet een intentieverklaring en wordt afgesloten met belangenorganisaties. De samenwerking met deze partijen heeft tot doel te komen tot een breed gedragen beleidsplan. Het grotere draagvlak leidt naar verwachting tot een sneller en kosteneffectiever resultaat. Overigens vond in het kader van de milieuzonering een onderzoek plaats door een werkgroep waarvan ook de branche deel van uitmaakte. Uiteindelijk stelt het gemeentebestuur het definitieve besluit vast.

5. Conclusies

Rondvaartboten stoten relatief veel schadelijke stoffen uit in vergelijking met het wegverkeer, dat door steeds strengere Europese normen de laatste jaren al aanzienlijk schoner is geworden. Het gaat hierbij vooral om de emissies van NO_x (stikstofoxides) en PM₁₀ (fijn stof, 'roet'). Een gemiddelde bestaande rondvaartboot met dieselmotor stoot in vergelijking met een nieuwe bestelwagen met hetzelfde motorvermogen tot 5 maal meer NO_x uit en tot 50 maal meer PM₁₀ (roet). Doorgaans zijn waterwegen echter op grotere afstand van mensen en gebouwen gelegen dan wegen op land. De uitlaatgassen van schepen zijn dus meestal sterk verdund, zodat vervuilende schepen desalniettemin zelden leiden tot blootstelling aan hoge concentraties schadelijke stoffen. In de Amsterdamse binnenstad bestaat echter een duidelijk andere situatie, omdat de rondvaartroutes juist door het drukke centrum lopen. Daarom is het wenselijk en verdedigbaar dat rondvaartboten substantieel schoner worden. De voorliggende studie heeft hieraan bijgedragen, middels: (1) het in kaart brengen van de technische mogelijkheden om emissies in de rondvaart te reduceren en (2) het aangeven van beleidslijnen waarmee de schone technologie in de vloot zouden kunnen worden geïmplementeerd.

De huidige uitstoot van de gehele Amsterdamse binnenvaartvloot is op jaarbasis geraamd op ongeveer:

NO _x :	40,0	ton/jaar
PM ₁₀ :	3,0	ton/jaar
CO ₂ :	3.000	ton/jaar

Rondvaartboten voldoen aan de definitie van een binnenschip als omschreven in Richtlijn 2004/26/EG. Daarmee moeten nieuwe motoren die in rondvaarboten geïnstalleerd worden voldoen aan de emissie-eisen die in deze Richtlijn gesteld worden. Deze emissienormen zijn mild in vergelijking met het ambitieniveau voor emissiereductie in de specifieke Amsterdamse situatie, waarbij de rondvaartroutes in het drukke centrum van de stad zijn gelegen. Bovendien gelden de normen alleen voor nieuwe motoren. Daarom is het wenselijk en verdedigbaar dat aan rondvaartboten substantieel strengere eisen worden gesteld, ook voor bestaande schepen. Een harmonisatie van emissienormen voor de rondvaart met het wegverkeer lijkt op termijn wenselijk.

De Verordening op de haven en het binnenwater 2006 (VHB) van de gemeente Amsterdam biedt de mogelijkheid om strengere eisen te stellen aan de uitstoot van de rondvaartboten dan de Europese richtlijnen, zolang de aanvullende eisen in verhouding staan tot het belang dat daarmee is gediend. Daarnaast is het ook mogelijk om een convenant te sluiten tussen de gemeente Amsterdam en de reders, als alternatief voor bindende regelgeving. Deze optie is in deze studie niet in detail onderzocht.

Tijdens de studie, die heeft geresulteerd in het nu voorliggende rapport, is door de teamleden een ambitieniveau voor uitstoot van de rondvaart geformuleerd voor 2012 en 2018. Harmonisatie van emissienormen voor de rondvaart met het wegverkeer op termijn was daarbij het uitgangspunt. Er zijn vijf beleidslijnen geformuleerd die kunnen worden ingezet om de gewenste lagere uitstoot van de vloot te realiseren.

Er zijn diverse schone technologieën beschikbaar waarmee de emissies van de rondvaart substantieel kunnen worden verlaagd. Deze technologieën zijn aan de hand van 'factsheets' beschreven op basis van: het emissiereducerende effect, de technische haalbaarheid, een kostenraming, de beleidsmatige haalbaarheid, alsmede eventueel beschikbare voorbeelden en demonstratieprojecten. Het gaat hierbij om de volgende schone technologieën: schone nieuwe

motoren, roetfilters, SCR-DeNOx, aardgasmotor, waterstof-brandstofcel, micro (diesel) turbine, diesel-elektrisch (hybride), boegschroeven en oxidatiekatalysator.

De inzet van schone technologieën kan worden gestimuleerd door financiële instrumenten. Op lokaal niveau kan hierbij gedacht worden aan een fonds gekoppeld aan de vermakelijkheidsretributie. Op landelijk niveau bestaan fiscale aftrekregelingen voor ondernemers die investeren in milieuvriendelijke bedrijfsmiddelen (MIA/VAMIL) alsmede een subsidieregeling dieselmotoren voor binnenvaartschepen (VERS). De gemeente Amsterdam zou een rol kunnen spelen bij het toegankelijk maken van deze regelingen voor de rondvaartreders.

6. Referenties

- Bergen, H. van (2007): *Waterstof in Amsterdam; Toekomstvisie van de gemeente Amsterdam*.
- Bergen, H. van, J. Lustenhouwer (2007): *Schone bussen en vrachtverkeer in Amsterdam; opties voor schone aandrijftechnieken op korte en (midden)lange termijn*. Ambtelijke nota Gemeente Amsterdam, Dienst Milieu en Bouwtoezicht.
- Clean air systems (2005) *nomen nescio, CleanAir ASSURETMDOC, reduces particulate matter, carbon monoxide and hydrocarbon emissions. Brochure acquired at internet 26-04-2005 from <http://www.cleanairsys.com/materials/pdf/ASSURE%20Brochure.pdf>*.
- Eastwood, P. (2000): *Eastwood, Critical topics in exhaust gas after treatment, Exeter 2000, ISBN 0 86380 242 7*.
- Gemeente Amsterdam, Dienst Milieu en Bouwtoezicht., Ambtelijke nota.
- Koehler, H.W. and W. Oehlers (1998): *95 years of diesel electric propulsion form a makeshift solution to a modern propulsion system*. Paper presented at the 2nd diesel electric propulsion conference, 26-29 April 1998, Helsinki, Finland.
- Rens, G.L.M.A. van, H.P.J. de Wilde (2005): *Pre- and after-treatment techniques*, technical report on M06.03, task II in the framework of EU project CREATING.
- Rens, G.L.M.A. van, H.P.J. de Wilde, M. van Wirdum (2005): *Retrofitting potentials*, technical report on M06.03 Task III, in the framework of EU project CREATING.
- Swart, K., B. van de Laak, S. Hodes (2008): *Commercieel passagiersvervoer over het water in Amsterdam*, LA group Leisure & Arts Consulting Amsterdam, 18 februari 2008, rapport 2007-084 rp08.
- Wilde, H.P.J. de - Diesel Electric Propulsion (2006): *Technical report in the framework of EU project CREATING*.
- Wilde, H.P.J. de, A. Kampfer, M. van Wirdum, G. Vladutt (2006): *Inland shipping emission legislation; EU and Western Europe*. Technical report in the framework of EU project CREATING.
- Wilde, H.P.J. de, A. Bleeker (2006): *Health effects and environmental impact of inland shipping*. Technical report in the framework of EU project CREATING.

Richtlijn 1999/96/EC

Richtlijn 2004/26/EG

Richtlijn 88/77/EEC

Richtlijn 91/542 EEC

Richtlijn 97/68/EG

www.creating.nu

www.vito.be

Bijlage A Emissieraming van de Amsterdamse rondvaartvloot

Motor	Motor- vermogen [kW]	Lengte	35%	Bouwjaar	Emissiefactor dieselboten (=CCR1norm) NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]	Pmotor x 0,35 x emissiefactor NO _x emissie [g/jaar]	PM emissie [g/jaar]	nb = niet beschikbaar opmerking	Pmotor x 0,35 x emissiefactor CO ₂ -emissie [kg/jaar]	Aantallen rondvaartboot ?
D	31	10,65	10,9	1912	9,2	0,85	52406	4842		3760	0
D	44	20	15,4	1897	9,2	0,85	74382	6872		5336	0
D	50	12,9	17,5	1915	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	136	22,35	47,6	1987	9,2	0,54	678776	39841		48695	1
D	118	19,93	41,3	1979	9,2	0,7	588938	44811		42250	1
D	96	19,93	33,6	1977	9,2	0,7	479136	36456		34373	1
D	96	16,65	33,6	1950	9,2	0,7	479136	36456		34373	1
D	96	21,35	33,6	1974	9,2	0,7	479136	36456		34373	1
D	116	21,35	40,6	1975	9,2	0,7	578956	44051		41534	1
D	80	16,2	28,0	1920	9,2	0,7	135240	10290		9702	0
D	90	21,53	31,5	1973	9,2	0,7	449190	34178		32225	1
D	88	22,12	30,8	1982	9,2	0,7	439208	33418		31508	1
X	80	21,53	28,0	1994			0	0	<i>vaart niet meer</i>	0	
D	80	20,74	28,0	1984	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	90	21,5	31,5	1991	9,2	0,7	449190	34178		32225	1
D	90	21,65	31,5	2001	9,2	0,7	449190	34178		32225	1
D	53	19,5	18,6	1965	9,2	0,85	264523	24440		18977	1
D	50	13,55	17,5	1989	9,2	0,85	249550	23056		17903	1
D	50	13,55	17,5	1989	9,2	0,85	249550	23056		17903	1
A	99	17,57	34,7	1999	0,9	0	48337	0	aardgas: EF NO _x : 10% van diesel	35447	1
A	135	17,4	47,3	1996	0,9	0	65914	0	EF PM: vrijwel nihil	48337	1
A	135	18,52	47,3	2000	0,9	0	65914	0	EF CO ₂ : vergelijkbaar diesel	48337	1
A	80	19,43	28,0	2004	0,9	0	39060	0		28644	1
A	80	17,2	28,0	1993	0,9	0	39060	0		28644	1
A	80	17,3	28,0	1997	0,9	0	39060	0		28644	1

Motor	Motor- vermogen [kW]	Lengte	35%	Bouwjaar	Emissiefactor dieselboten (=CCRInorm) NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]	Pmotor x 0,35 x vaaruren per jaar x emissiefactor NO _x emissie [g/jaar]	PM emissie [g/jaar]	nb = niet beschikbaar opmerking	Pmotor x 0,35 x vaaruren per jaar x emissiefactor CO ₂ -emissie [kg/jaar]	Aantallen rondvaartboot ?
D	80	16,67	28,0	1948	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
A	80	19,43	28,0	2005	0,9	0	39060	0		28644	1
A	80	18,52	28,0	2001	0,9	0	39060	0		28644	1
A	50	13,55	17,5	1989	0,9	0	24413	0		17903	1
A	80	19,43	28,0	2006	0,9	0	39060	0		28644	1
D	50	12,05	17,5	1910	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	20	8,54	7,0	1928	9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	50	10,2	17,5	1905	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	40	17	14,0	1910	9,2	0,85	67620	6248		4851	0
D	20	9	7,0	1910	9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	50	12	17,5	1910	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	100	21	35,0	1920	9,2	0,7	169050	12863		12128	0
D	20	10	7,0	1909	9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	50	12,5	17,5	1909	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
DH	12	20,3	4,2	1999	9,2	0,85	20286	1874		1455	0
D	75	20,3	26,3	1917	9,2	0,7	126788	9647		9096	0
D	100	21	35,0	1910	9,2	0,7	169050	12863		12128	0
D	80	18,47	28,0	1970	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	80	18,47	28,0	1969	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	80	18,47	28,0	1969	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	100	20,91	35,0	1990	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	80	18,47	28,0	1970	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	100	20,91	35,0	1992	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	80	18,47	28,0	1972	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	100	20,91	35,0	1985	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	80	18,47	28,0	1971	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
DH	100	21,9	35,0	2000	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	80	18,47	28,0	1970	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	20		7,0	2005	9,2	0,85	99820	9223		7161	1
D	80	19,8	28,0	1914	9,2	0,7	135240	10290		9702	0
D	50	10,4	17,5		9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	20	9,4	7,0		9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	20	9,4	7,0		9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	50	13	17,5		9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	80	16	28,0		9,2	0,7	135240	10290		9702	0

Motor	Motor- vermogen [kW]	Lengte	35%	Bouwjaar	Emissiefactor dieselboten (=CCRI norm) NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]	Pmotor x 0,35 x NO _x emissie [g/jaar]	PM emissie [g/jaar]	nb = niet beschikbaar opmerking	Pmotor x 0,35 x CO ₂ -emissie [kg/jaar]	Aantallen rondvaartboot ?
D	95	18,47	33,3	1973	9,2	0,7	474145	36076		34015	1
D	92	16,8	32,2	1961	9,2	0,7	459172	34937		32941	1
D	96	18,47	33,6	1970	9,2	0,7	479136	36456		34373	1
D	92	16,8	32,2	1957	9,2	0,7	459172	34937		32941	1
D	88	16,8	30,8	1955	9,2	0,7	439208	33418		31508	1
D	80	18,47	28,0	1974	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	80	19,27	28,0	1923	9,2	0,7	135240	10290		9702	0
D	50	11,25	17,5	1905	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	50	11	17,5	1900	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	20	8,5	7,0	1901	9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	20	8,5	7,0	1938	9,2	0,85	33810	3124		2426	0
DH	51	19,8	17,9	1895	9,2	0,85	86216	7966		6185	0
D	50	13,37	17,5	1907	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	20		7,0	1905	9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	59	15,3	20,7	1950	9,2	0,85	99740	9215		7155	0
D	59	15,25	20,7	1948	9,2	0,85	99740	9215		7155	0
D	50	14,8	17,5	1910	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	20	9,5	7,0	1920	9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	20	7	7,0		9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	100	20,4	35,0	1926	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	80	19,4	28,0	1996	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	46	13	16,1	1929	9,2	0,85	77763	7185		5579	0
D	74	14,5	25,9	1981	9,2	0,85	125097	11558		8974	0
D	50	12	17,5	1913	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	22	19,95	7,7	1913	9,2	0,85	37191	3436	aaname: D	2668	0
D	50	11,74	17,5	1920	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	50	11,4	17,5	1909	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
D	50	14,7	17,5	2006	9,2	0,85	84525	7809		6064	0
B	96	18,3	33,6	1967	10,12	0,7	527050	36456		34373	1
B	80	19,2	28,0	1996	10,12	0,7	439208	30380		28644	1
B	95	19,2	33,3	1987	10,12	0,7	521560	36076		34015	1
B	50	15	17,5	1939	10,12	0,85	274505	23056		17903	1
B	104	17,66	36,4	1954	10,12	0,7	570970	39494		37237	1
B	95	18,3	33,3	1961	10,12	0,7	521560	36076		34015	1
B	80	18,3	28,0	1963	10,12	0,7	439208	30380		28644	1

Motor	Motor- vermogen [kW]	Lengte	35%	Bouwjaar	Emissiefactor dieselboten (=CCRInorm) NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]	Pmotor x 0,35 x x emissiefactor NO _x emissie [g/jaar]	PM emissie [g/jaar]	nb = niet beschikbaar opmerking	Pmotor x 0,35 x vaaruren per jaar x emissiefactor CO ₂ -emissie [kg/jaar]	Aantallen rondvaartboot ?
B	95	17,67	33,3	1955	10,12	0,7	521560	36076		34015	1
B	80	19,2	28,0	1992	10,12	0,7	439208	30380		28644	1
B	95	18,3	33,3	1959	10,12	0,7	521560	36076		34015	1
B	100	18,5	35,0	1960	10,12	0,7	549010	37975		35805	1
B	104	17,6	36,4	1958	10,12	0,7	570970	39494		37237	1
B	95	18,6	33,3	1983	10,12	0,7	521560	36076		34015	1
B	97	18,4	34,0	1960	10,12	0,7	532540	36836		34731	1
B	71	18,5	24,9	1967	10,12	0,85	389797	32740		25422	1
B	140	17,6	49,0	1956	10,12	0,54	768614	41013		50127	1
B	97	17,6	34,0	1956	10,12	0,7	532540	36836		34731	1
B	95	18,3	33,3	1960	10,12	0,7	521560	36076		34015	1
B	100	18,3	35,0	1964	10,12	0,7	549010	37975		35805	1
B	104	17,6	36,4	1964	10,12	0,7	570970	39494		37237	1
D	20	9,85	7,0	1901	9,2	0,85	33810	3124		2426	0
D	88	16	30,8	1988	9,2	0,7	439208	33418		31508	1
D	80	16,05	28,0	1946	9,2	0,7	399280	30380		28644	1
D	100	23,1	35,0	1991	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	100	23,1	35,0	1991	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	100	23,1	35,0	1992	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	100	23,6	35,0	1996	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	100	22,5	35,0	1987	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	100	22,3	35,0	1982	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	100	22,45	35,0	1979	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	100	22,45	35,0	1978	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	92	16,8	32,2	1961	9,2	0,7	459172	34937		32941	1
D	100	20,76	35,0	1991	9,2	0,7	169050	12863		12128	0
DH	100	22,45	35,0	1983	9,2	0,7	499100	37975		35805	1
D	74	18,55	25,9	1956	9,2	0,85	125097	11558		8974	0
B	100	22,1	35,0	1991	10,12	0,7	549010	37975		35805	1
B	80	18,35	28,0	1958	10,12	0,7	439208	30380		28644	1
B	80	17,66	28,0	1946	10,12	0,7	439208	30380		28644	1
B	50	14,78	17,5	1948	10,12	0,85	274505	23056		17903	1
B	100	22,1	35,0	1988	10,12	0,7	549010	37975		35805	1
B	80	17,47	28,0	1971	10,12	0,7	439208	30380		28644	1
B	50	14,7	17,5	1946	10,12	0,85	274505	23056		17903	1

Motor	Motor- vermogen [kW]	Lengte	35%	Bouwjaar	Emissiefactor dieselboten (=CCRI norm) NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]	Pmotor x 0,35 x NO _x emissie [g/jaar]	PM emissie [g/jaar]	nb = niet beschikbaar opmerking	Pmotor x 0,35 x CO ₂ -emissie [kg/jaar]	Aantallen rondvaartboten ?	
B	80	17,62	28,0	1952	10,12	0,7	439208	30380		28644	1	
B	80	18,35	28,0	1965	10,12	0,7	439208	30380		28644	1	
D	80	18,52	28,0	1910	9,2	0,7	135240	10290		9702	0	
D	80	17,7	28,0	1922	9,2	0,7	135240	10290		9702	0	
D	50	12,2	17,5	1931	9,2	0,85	84525	7809		6064	0	
D	40	16,65	14,0	1920	9,2	0,85	67620	6248		4851	0	
D	80	16,5	28,0	1895	9,2	0,7	135240	10290		9702	0	
D	22	17,14	7,7	1888	9,2	0,85	37191	3436		2668	0	
D	50	12	17,5	1913	9,2	0,85	84525	7809		6064	0	
D	61	16	21,4	1920	9,2	0,85	103121	9527		7398	0	
D			0,0				0	0	P ontbreekt	0		
D			0,0				0	0	P ontbreekt	0		
D			0,0		ONWAAR	ONWAAR	0	0	P ontbreekt	0		
D			0,0				0	0	P ontbreekt	0		
D			0,0				0	0	P ontbreekt	0		
D			0,0				0	0	P ontbreekt	0	147	
0	142											
A = aardgas							NO _x kg/jaar	PM kg/jaar		CO ₂ kg/jaar	rondvaartboten 86	overige 61
B = biobrand- stof							39950	2964	g/jaar	3069112		
D = diesel												
H = hybride							NO _x ton/jaar	PM ton/jaar		CO ₂ ton/jaar		
							40,0	3,0		3069,1		