

**Mogelijkheden om het brandstofverbruik en de
broeikasgasemissies in de binnenvaart te reduceren**

*Verslag van het Comité Reglement van Onderzoek
voor de najaarsvergadering van 2012*

*(Bijlage 2 bij protocol 2012-II-4
van de Centrale Commissie voor de Rijnvaart,
29 november 2012)*

INHOUDSOPGAVE

	Pagina
1. Toelichting/motivering voor het verslag (project)	5
2. Referentiegebied/inhoud van de verslaggeving/van het project	5
3. Context van de broeikasgasemissies in de binnenvaart	8
4. Doelstelling van de internationale statengemeenschap en de lidstaten van de CCR, alsook van de binnenvaart met betrekking tot de vermindering van broeikasgasemissies van verkeer en binnenvaart	10
5. Carbon footprint en specifieke CO ₂ -emissies (CO ₂ -intensiteit) van de binnenvaart en andere vervoersmodi over land	12
5.1 Methoden voor de berekening van de carbon footprint en specifieke CO ₂ -emissies van de binnenvaart	17
5.2 Vergelijking van de specifieke CO ₂ -emissies van de verschillende vervoermiddelen	18
5.3 Standaardisering van de methode ter berekening en declaratie van broeikasgasemissies bij transportprestaties	19
6. Mogelijke, principiële strategieën voor de vermindering van broeikasgasemissies van het verkeer	20
7. Potentieel voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies in de zeevaart	21
8. Randvoorwaarden met betrekking tot de mogelijkheden ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies in de binnenvaart	26
9. Scheepstechnische maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies	27
10. Operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies	29
11. Gebruik van alternatieve energiedragers (brandstoffen) ter vermindering van de CO ₂ -emissies	33
12. Potentieel voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies in de binnenvaart	35
13. Ondersteunende maatregelen voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies	35
13.1 Verstrekking van informatie	35
13.2 Ondersteunende maatregelen op vrijwillige basis	36
13.3 Ondersteunende maatregelen op basis van wettelijke verplichtingen en subsidies	38
13.4 Synthese	39
14. Positieve neveneffecten van de vermindering van broeikasgasemissies	39

	Pagina
15. Scenario's voor de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart	42
16. Kosten en barrières voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies	43
16.1 Kosten van de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies	43
16.2 Barrières voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies	45
17. Voorstellen voor aanvullende werkzaamheden	47
17.1 Voorstellen voor aanvullende werkzaamheden onder auspiciën van de CCR	48
17.2 Voorstellen voor aanvullende werkzaamheden onder auspiciën van de CCR of andere instanties	53
17.3 Voorstellen voor aanvullende werkzaamheden zonder of slechts met geringe participatie van de CCR	55

Bijlagen

Bijlage 1: Broeikasgasemissies (BKG-emissies) van de binnenvaart – Emissies die geen verband met de scheepsexploitatie houden	58
Bijlage 2: Doelstellingen van de lidstaten van de CCR voor de vermindering van de antropogene broeikasgasemissies	60
Bijlage 3: Bepaling van de carbon footprint en specifieke CO ₂ -emissies (CO ₂ -intensiteit) van de binnenvaart	61
Bijlage 4: Mogelijkheden van de Rijn- en binnenvaart om broeikasgasemissies te reduceren	69
Bijlage 5: Technische opties ter vermindering van de broeikasgasemissies van non-road vervoersmodi	72
Bijlage 6: Scheepstechnische maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies van binnenschepen	73
Bijlage 7: Ontwikkeling van de gemiddelde scheepsgrootte in Europa en mogelijke gevolgen voor de CO ₂ -emissies	77
Bijlage 8: Operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies van binnenschepen	80
Bijlage 9: VoortVarend Besparen (Smart Steaming)	83
Bijlage 10: Transportbrandstoffen van de toekomst Rapport van de Europese Deskundigengroep over transportbrandstoffen van de toekomst, januari 2011	85
Bijlage 11: Regulerende maatregelen voor de bescherming van het klimaat in de zeevaart: EEDI, EEOI, SEEMP	88
Bijlage 12: Scenario's van de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart	90

Verslag van de CCR over mogelijkheden om het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de binnenvaart te reduceren

1. Toelichting/motivering voor het verslag (project)

Tijdens de najaarszitting in 2009 heeft de CCR zich op grond van haar verantwoordelijkheid bij te dragen aan een duurzame Rijn- en binnenvaart voorgenomen, de broeikasgasemissies in de Rijnvaart in overeenstemming met de beoogde emissiereductie van haar lidstaten, te verminderen. Dit doel moet gezien worden tegen de achtergrond van de verplichting van de internationale statengemeenschap, maatregelen te treffen om broeikasgasemissies (mitigatie) te voorkomen en terug te dringen. De binnenvaart is weliswaar een vervoermiddel dat geringe broeikasgasemissies veroorzaakt, maar kan toch aan een vermindering van de broeikasgasemissies van de totale vervoerssector bijdragen. Om dit doel te bereiken heeft de CCR haar Comité Reglement van Onderzoek de opdracht gegeven een verslag voor te leggen dat gebaseerd is op onderzoeken en bijdragen van haar lidstaten en waarnemerstaten op dit vlak, alsmede de met haar samenwerkende internationale organisaties en vakverenigingen. Verzocht werd in dit verslag maatregelen en mogelijkheden voor een vermindering van de broeikasgasemissies in de binnenvaart aan te wijzen en te evalueren, alsook een voorstel te doen, hoe deze informatie de scheepsexploitanten en andere potentiële gebruikers op adequate wijze ter beschikking kan worden gesteld (CCR, 2009).

Het nut van dit verslag strekt verder dan de CCR alleen. Naast een overzicht van maatregelen en mogelijkheden om broeikasgasemissies in de binnenvaart terug te dringen, biedt het tevens een compilatie van gegevens voor toekomstige onderzoeken ter voorbereiding van politieke beslissingen (bijv. emissiereductiepotentieel in de binnenvaart). Bovendien stelt de CCR dit verslag ook ter beschikking aan de PIANC, die zich op mondiaal vlak met de klimaatverandering en scheepvaart bezighoudt (PIANC 2010).

Het verslag en eventuele, aanvullende werkzaamheden zouden ertoe kunnen bijdragen dat er voor de binnenvaart preciezere en belastbare broeikasgasbalansen worden opgesteld, zoals deze bijvoorbeeld in het kader van de rapportage volgens het Kyoto-protocol geëist worden.

2. Referentiegebied/inhoud van de verslaggeving/van het project

Het verslag gaat over de broeikasgasemissies in de binnenvaart in de strikte zin van het woord, oftewel de CO₂-emissies die bij de exploitatie van de binnenschepen ontstaan. De uitstoot van andere stoffen dan CO₂ wordt – met uitzondering van CH₄ - buiten beschouwing gelaten, net als emissies die niet het gevolg zijn van de benutting van de schepen. Deze beperking hangt voornamelijk samen met het feit dat voor andere emissies als die van CO₂ slechts weinig bruikbare onderzoeken of gegevens voor de binnenvaart beschikbaar zijn. De beperking doet geen afbreuk aan het doel van het verslag, aangezien CO₂ van alle door de binnenvaart veroorzaakte broeikasgassen verreweg het belangrijkste is en de overige emissies, die niet rechtstreeks met de bedrijfsactiviteiten van de schepen samenhangen, in ieder geval in eerste instantie, dermate gering zijn dat zij buiten beschouwing gelaten kunnen worden.

CH₄, ook één van de belangrijke broeikasgassen, wordt door de huidige binnenschepen vrijwel niet uitgestoten. Dit zou kunnen veranderen wanneer meer schepen LNG als brandstof gaan gebruiken. CH₄ kan op de schepen zelf vrijkomen, bij het bunkeren, bij lekkages, een onvolledige verbranding of het voor gebruik geschikt maken en vervoeren van LNG. Daarom wordt in **punt 11** van het verslag over het gebruik van alternatieve energiebronnen, ook ingegaan op de CH₄-emissies en worden tevens mogelijke klimaatschadelijke effecten van het gebruik van LNG als brandstof geëvalueerd.

De CCR heeft in 2012 op een aantal binnenschepen het gebruik van LNG voor testdoeleinden toegelaten. Verder is men binnen de CCR begonnen met de opstelling van algemene

toelatingsvoorschriften voor LNG als brandstof in de binnenvaart. De in dit kader vereiste impactanalyse biedt de gelegenheid de bovengenoemde consequenties nader te beschouwen.

Emissies uit de lading, die bijvoorbeeld in de tankvaart te vinden zijn, moeten niet de binnenvaart worden aangerekend, maar de productieketen waar deze ladingen deel vanuit maken.

Desondanks lijkt het in het licht van het grote aandeel van de vloeibare goederen in de totaal vervoerde lading door de binnenvaart zinvol om de omvang van de broeikasgasemissies uit de lading van tankschepen in een apart onderzoek vast te stellen en mogelijke maatregelen voor de vermindering van deze emissies uit te werken en te implementeren.

De factoren die klimaatverandering veroorzaken, zijn complex en een vergelijking van de consequenties van de verschillende broeikasgassen is moeilijk (Solomon, Qin et al. 2007). CO₂ is, zoals in **tabel 1** uitgelegd wordt, globaal gezien het met afstand belangrijkste broeikasgas, ver voor CH₄ (methaan), distikstofmonoxide, oftewel lachgas (N₂O) en de chloorfluorkoolwaterstoffen. Het aandeel CO₂ in de broeikasgasemissies dat aan de binnenvaart te wijten is, is gemiddeld vele malen groter. De bijdrage van CO₂ aan de totale massa uitlaatgassen van dieselmotoren (die op vrijwel alle binnenschepen te vinden zijn) ligt gemiddeld rond de 20%, terwijl het aandeel NO_x duidelijk onder de 0,1% ligt ((Lenz, Illini et al. 2004) en (Geringer and Tober 2010)). N₂O vormt slechts een fractie van de totale massa NO_x (stikstofoxide) in uitlaatgassen (Hausberger). Dit verklaart waarom de potentiële opwarming van het klimaat door N₂O van dieselmotoren op binnenschepen op minder dan 1% van dat door CO₂ wordt geraamd (Verbeek, Kadijk et al. 2011). N₂O legt daarom als broeikasgas dat door de binnenvaart wordt uitgestoten, geen gewicht in de schaal.

Tabel 1: Kenmerken van enkele belangrijke broeikasgassen (bronnen: (NOAA ; Houghton, Meira Filho et al. 1996; Solomon, Qin et al. 2007; Borken-Kleefeld and Sausen 2011))

Klimaatgas Criteria	Koolstofdioxide (CO₂)	Methaan (CH₄)	Lachgas (N₂O)	Chloorfluorkoolwaterstoffen
Voornamelijk antropogene ontstaanswijze	Verbranding van fossiele energiedrager (transport, verwarming, stroomopwekking, industrie)	Verwerking van biologisch materiaal (land- en bosbouw, enz.) industriële processen, productie van aardgas	Landbouw (veeteelt, meststoffen), elektriciteitscentrales	Drijfgassen, koelmiddelen, brandblusmiddelen
Voornamelijk ten gevolge van de binnenvaart	Verbranding gasolie ¹	Lekkage of onvolledige verbranding bij (toekomstig) gebruik van LNG	Verbranding gasolie (NO _x)	Airconditioning-installaties, brandblusinstallaties
Klimaatbeïnvloeding in verhouding tot CO₂	1	Ca. 25	Ca. 300	Enkele van deze stoffen tot 14.800
Aandeel in antropogeen veroorzaakt, bijkomend broeikaseffect	Ca. 60%	Ca. 20%	Ca. 5%	
Verblijftijd in atmosfeer	Verschillend, enkele honderden jaren	Ca. 12 jaar	Ca. 115 jaar	Tot enkele duizenden jaren
Prognose	Toename in de atmosfeer sneller dan andere klimaatgassen	Relatief stabiele totale hoeveelheid in de atmosfeer met stijgende tendens	Permanente toename in de atmosfeer	Gedeeltelijke afname dankzij internationale overeenkomsten

¹ In dit verslag wordt onder gasolie de brandstof voor dieselmotoren aan boord van binnenschepen verstaan, ongeacht de kwaliteit van de effectief gebruikte brandstof. In de EU wordt de brandstof van de binnenvaart in Richtlijn 2009/30/EG gespecificeerd.

De chloorfluorkoolwaterstoffen hebben in vergelijking een bijzonder grote impact op het klimaat. Deze stoffen komen op binnenschepen – afgezien van de ladingen – praktisch uitsluitend als blusmiddelen in bepaalde brandblusinstallaties voor. Deze blusmiddelen komen bij het gebruik van deze installaties en in het geval van lekkages – dus alleen in situaties die een uitzondering vormen – in de atmosfeer. Deze broeikasgassen zijn om deze reden van geringe betekenis in de binnenvaart² en worden in dit verslag niet verder in overweging genomen. Het lijkt echter zinnig in de toekomst alleen installaties voor de brandbestrijding op binnenschepen toe te laten die geen klimaatschadelijke stoffen gebruiken.

De klassieke schadelijke stoffen voor de atmosfeer die bij het gebruik van dieselmotoren ontstaan, dragen door verschillende complexe mechanismen bij tot een opwarming van het klimaat, maar onder bepaalde omstandigheden hebben zij ook een koelend effect (Borken-Kleefeld en Sausen 2011). In de eerste jaren van hun ontstaan kunnen de gevolgen voor het klimaat ongeveer dezelfde orde van grootte hebben als die van CO₂. In tegenstelling tot de gevolgen van CO₂ nemen die van deze stoffen evenwel snel af. Een uitzondering hierop vormen de emissies van schadelijke stoffen door de zeevaart, die zich door een zeer hoog zwavelgehalte onderscheiden van de uitstoot van schadelijke stoffen door andere verkeersdragers. De reductie in de emissies van schadelijke stoffen die de laatste jaren in de binnenvaart werd bereikt, draagt dus ook bij aan een vermindering van de broeikasgasemissies. Omwille van de klimaatbescherming zijn verdere inspanningen wenselijk, waarbij de vermindering van schadelijke stoffen om bovengenoemde redenen niet tot een hoger brandstofverbruik en daardoor hogere CO₂-emissies zou moeten leiden. Aangezien de werkzaamheden voor de vermindering van de uitstoot van schadelijke stoffen door de binnenvaart inmiddels vrijwel uitsluitend op EU-niveau plaatsvinden, worden deze emissies in het onderhavige verslag alleen dan behandeld, als er een samenhang met het brandstofverbruik bestaat. De CCR, die samen met de Environmental Protection Agency van de VS koploper is als het gaat om de regulering van de emissies van schadelijke stoffen door de binnenvaart, heeft op deze wijze – voor zover deze emissies door de binnenvaart worden veroorzaakt – al bijgedragen aan een beperking van de klimaatverandering.

De broeikasgasemissies die ontstaan bij bouw, onderhoudswerkzaamheden en sloop van binnenschepen blijven hier buiten beschouwing, net als andere aspecten van de binnenvaart, zoals de aanleg, het gebruik en het onderhoud van waterwegen en binnenhavens. In **bijlage 1** worden deze aspecten van de binnenvaart desondanks kort aangestipt en wordt een mogelijkheid geschetst hoe men met deze emissies om zou kunnen gaan.

Geografisch gezien behandelt het verslag de Rijnvaart en de binnenvaart in de EU. In principe kunnen de vaststellingen ook naar de binnenvaart in andere landen worden vertaald, voor zover daar overeenkomstige technologieën worden gebruikt en ook de politieke en administratieve randvoorwaarden vergelijkbaar zijn. Het eerste zou wereldwijd het geval zijn, het laatste echter eerder de uitzondering zijn, vooral in het licht van een ambitieuze doelstelling voor de reductie van de broeikasgasemissies³.

² Voor de binnenvaart zijn geen gegevens over de omvang van deze emissies beschikbaar, maar voor de zeevaart zou hun aandeel – na omrekening in CO₂-equivalenten – duidelijk onder één procent liggen.

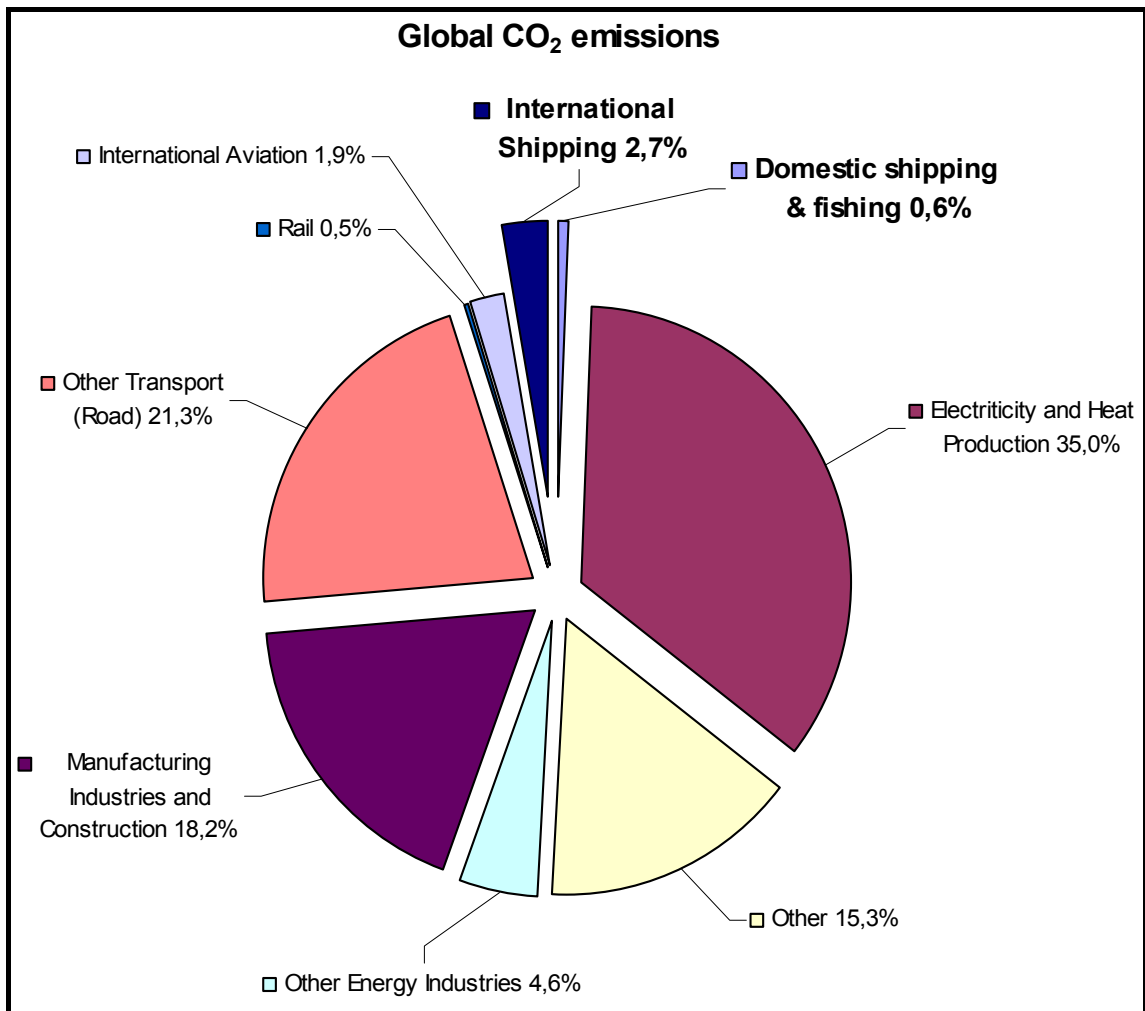
³ De belangrijkste binnenvaartnaties buiten de EU, China, Rusland en de VS, zijn ten aanzien van de noodzaak van een reductie van de broeikasgasemissie veel sceptischer dan de lidstaten van de CCR en de EU, in ieder geval wat de internationaal bindende afspraken betreft.

3. Context van de broeikasgasemissies in de binnenvaart

Absoluut gezien zijn de broeikasgasemissies door de binnenvaart in verhouding tot de totale broeikasgasemissies van het verkeer en al helemaal in vergelijking met alle antropogene broeikasgasemissies zeer gering. Dit hangt samen met de hoge energie-efficiency van de binnenvaart en haar overwegend geringe belang in de vervoersmix. De met de binnenvaart concurrerende vervoermiddelen boeken evenwel vooruitgang bij de reductie van hun broeikasgasemissies. Als de binnenvaart haar concurrentievoordeel "klimaatvriendelijk" wil behouden, is zij gedwongen de broeikasgasemissies verder terug te dringen.

De meting van de door transportactiviteiten veroorzaakte broeikasgasemissies is niet eenvoudig, zodat alle gegevens in dit verband door onnauwkeurigheden gekenmerkt worden (Miola, Ciuffo et al. 2010). Het tweede onderzoek naar broeikasgasemissies van de IMO (Buhaug, Corbett et al. 2009) stelt dat in 2007 ongeveer 27% van de totale, globale CO₂-uitstoot voortkomt uit transportactiviteiten. De scheepvaart (zee-, kust- en binnenvaart (zie **afbeelding 1**) draagt voor ongeveer 12% bij aan de totale door transportactiviteiten veroorzaakte CO₂-emissies.

Afbeelding 1: CO₂-emissies door de scheepvaart in vergelijking met de totale emissies (overgenomen van Buhaug et al. 2009)



Op grond van het tweede onderzoek van de IMO naar de broeikasgasemissies kan geen uitspraak worden gedaan over het aandeel van de binnenvaart aan de totale CO₂-emissies. Voor de EU-27 wordt het aandeel van de binnenvaart in de totale CO₂-emissies van het vervoer over land op minder dan 1% geschat (Uherek, Halenka et al. 2010). De Europese Commissie noemt voor 2008 een waarde van circa 1,8% (EU 2011d), waarbij alle vervoermiddelen tot en met de elektrische tractie van de spoorwegen als referentiewaarde dienen.

De aanzienlijke verschillen in de waarden voor de emissieaandelen van de binnenvaart – namelijk van minder dan 1% tot 1,8% - lijken niet alleen verklaard te kunnen worden door de verschillende referentiewaarden of de onderzochte tijdsbestekken. Vermoedelijk bestaan tevens grote onzekerheden bij de bepaling van de emissies.

Het geringe aandeel van de binnenvaart in de totale emissies van het verkeer kan worden verklaard op grond van de naar verhouding geringe vervoersprestatie. In het personenvervoer speelt de binnenvaart bijna helemaal geen rol en in het vrachtvervoer van de EU-27 bedraagt haar aandeel slechts rond de 6% van de totale vervoersprestaties over land (tkm). Daarbij vertonen de aandelen in termen van vervoersprestaties – en bijgevolg ook in termen van emissies – echter aanzienlijke variaties tussen de verschillende landen. In Nederland, dat in dit opzicht de onbetwiste koploper is, staat de binnenvaart voor praktisch 40% van de vervoersprestatie (Eurostat 2009).

Hoewel de absolute hoeveelheid van de CO₂-uitstoot door de binnenvaart in vergelijking met de andere vervoermiddelen in alle studies eensluidend als gering wordt aangemerkt, geldt dit niet voor de specifieke emissies (g/tkm). Sommige studies stellen bijvoorbeeld dat elektrisch aangedreven vrachtvervoer per spoor aanzienlijk positiever is dan de binnenvaart (den Boer, Otten et al. 2011); (McKinnon and Piecyk 2010). Andere studies tonen echter ook hier voor de binnenvaart duidelijk lagere waarden aan (PLANCO 2007). In **punt 5.2** van dit verslag is een uitgebreide vergelijking van de specifieke emissies van de verschillende vervoermiddelen opgenomen.

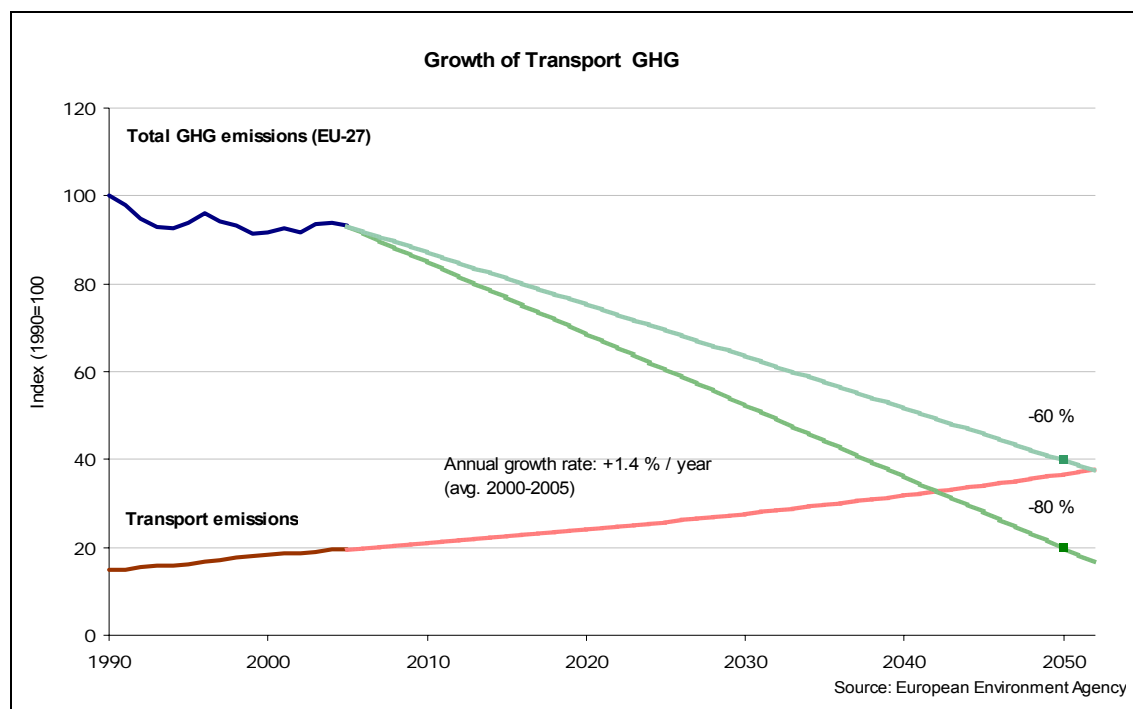
De met de binnenvaart concurrerende vervoermiddelen beschikken over mogelijkheden om hun broeikasgasemissies te verminderen die de binnenvaart niet gegeven zijn. De spoorwegondernemingen kunnen bijvoorbeeld elektrische energie uit wind- en waterkracht betrekken, waardoor de CO₂-uitstoot van het spoor nog verder afneemt (Essen, Rijkee et al. 2009). De Deutsche Bahn (de Duitse spoorwegonderneming, DB) is van plan door extra scholing van de bestuurders en door in de treinen meer gebruik te maken van systemen waardoor bij het remmen energie kan worden teruggewonnen, hun wereldwijde CO₂-emissies van 2006 tot 2020 met 20% te reduceren (Müller-Wondorf 2012). Voertuigen voor het wegvervoer worden in hoog tempo door nieuwe modellen vervangen, zodat de technische vooruitgang snel kan worden ingevoerd. Het wegvrachtvervoer kan de achterstand bij bepaalde emissies in vergelijking met de spoorwegen en de binnenvaart op dit moment weliswaar nog niet helemaal wegwerken, maar wel duidelijk verlagen. Op deze manier wordt de vrachtwagen niet alleen qua uitstoot van schadelijke stoffen, maar ook qua broeikasgasemissies steeds meer concurrerend (Spielman, Faltenbacher et al. 2010).

Voor de vergelijking van de verschillende vervoermiddelen moet echter altijd in overweging worden genomen dat het energieverbruik door het vervoer en de hiermede samenhangende uitstoot van veel uiteenlopende en gedeeltelijk ook bijzonder specifieke factoren afhankelijk zijn. Elk vervoermiddel kent dan ook vervoerssituaties waarvoor deze goed of minder goed geschikt is. Om deze reden zijn noch vergelijkingen op basis van emissiegegevens met een hoge aggregatie, noch vergelijkingen waarvoor voor bepaalde vervoermiddelen onrealistische vervoersopgaven onderling worden vergeleken, zinvol te noemen. De eerstgenoemde sluiten elke bruikbare uitspraak voor concrete vervoersopgaven uit en de laatstgenoemde zijn misleidend. Ook voor het vervoer- en milieubeleid zijn beide vergelijkingen onbruikbaar. Alleen vergelijkingen van concrete en reële vervoersopgaven lijken zinvol. Deze laatste vergelijkingen worden zowel in studies (PLANCO 2007) als in het aanbod van vervoerders (Contargo 2011) gevonden.

4. Doelstelling van de internationale statengemeenschap en de lidstaten van de CCR, alsook van de binnenvaart met betrekking tot de vermindering van broeikasgasemissies van verkeer en binnenvaart

Als de broeikasgasemissies als gevolg van het verkeer verder blijven toenemen, zou dit de algemene emissiereductiedoelstellingen van de EU ondermijnen, zoals **afbeelding 2** laat zien. Daarom zijn er maatregelen nodig om de broeikasgasemissies van het verkeer in overeenstemming te brengen met de globale klimaatdoelstellingen. Een dergelijke kwantificering is objectief gezien met name op grond van de onvolledige kennis van de actuele emissies, de mogelijkheden voor een reductie van de emissies en de algemene economische ontwikkeling een complexe aangelegenheid. Dat neemt niet weg dat een dergelijke kwantificering van de streefdoelen voor alle betrokken partijen nuttig zou zijn. Het zou de onzekerheden verminderen en de partijen in staat stellen, de politieke, economische, technische en andere processen hieraan te koppelen. De noodzaak van een kwantificering van de doelen en de hiervoor vereiste methodiek voor de vaststelling en realisatie van de beoogde klimaatbescherming zijn in het kader van de OESO op ministerieel niveau al bevestigd. Aangezien de lidstaten van de CCR voor ongeveer driekwart van de verkeersprestatie en dus ook de broeikasgasemissies van de binnenvaart in de EU verantwoordelijk zijn, ligt het voor de hand dat deze staten samen met de CCR het voortouw nemen bij de concretisering van de bijdrage van de binnenvaart aan de bescherming van het klimaat.

Afbeelding 2: Ontwikkeling van de totale emissies van de Europese Unie in vergelijking met de geëxtrapoleerde emissies van de vervoerssector



De Europese Commissie heeft in haar witboek “Stappenplan voor een interne Europese vervoersruimte – werken aan een concurrerend en zuinig vervoerssysteem” (EU 2011b) vastgesteld dat een reductie van ten minste 60% van de absolute hoeveelheid broeikasgasemissies van de vervoerssector tot 2050 in vergelijking met 1990 (70% onder het niveau van 2008) nodig is. Het doel van 60% emissiereductie sluit de zeevaart echter uit. Daarom is voor het zeevervoer een afzonderlijke doelstelling geformuleerd.

De EU-CO₂-emissie afkomstig van maritieme bunkerolie moet tot het jaar 2050 met 40% (zo mogelijk 50%) in vergelijking met 2005 afnemen. In de mededeling wordt evenwel niet duidelijk aangegeven, of elke vervoersbranche, dus ook de binnenvaart, dit doel moet verwezenlijken, en het daarbij gaat om de specifieke emissies, dus met betrekking tot de geleverde vervoersprestatie, uitgedrukt in g CO₂ per tkm, of om de absolute hoeveelheid emissies. Dit is van cruciaal belang, omdat in het Witboek aan de andere kant juist van een forse groei in de vervoersprestatie van de binnenvaart wordt uitgegaan. De Europese Commissie heeft in het voorjaar van 2011 deze kwestie op verzoek van het secretariaat van de CCR toegelicht: het doel van een reductie van 60% is gerelateerd aan de absolute emissiehoeveelheden. Dit betekent echter niet dat elk vervoermiddel zijn uitstoot met 60% zou moeten verlagen. Rekening houdend met de bijzondere kenmerken van elke vervoersmodus en de bovengenoemde constellatie, zullen sommige vervoermiddelen hun uitstoot sterker kunnen reduceren dan andere. Ondanks alles zal elke vervoerstak een significante bijdrage moeten leveren. Voor zover de absolute hoeveelheid broeikasgasemissies van de binnenvaart overeenkomstig de eerder genoemde algemene reductiedoelstelling voor de hele vervoerssector met ongeveer 60% moet worden teruggebracht en voor zover wordt aangenomen dat de vervoersprestatie van de binnenvaart verder zal toenemen, zouden de specifieke emissies met meer dan de genoemde 60% moeten dalen. De omvang van deze extra afname van de specifieke emissies is afhankelijk van de toename van de vervoersprestatie. Indien de vervoersprestatie over de vergeleken periode bijvoorbeeld met 50% toeneemt, dan moeten de specifieke emissies niet met slechts 60%, maar met meer dan 70% worden teruggebracht. In **bijlage 13** wordt deze samenhang aan de hand van verschillende scenario's in kaart gebracht.

De Transportministerraad van de EU heeft het Witboek van de Europese Commissie in principe toegejuicht, maar een aantal doelstellingen gedeeltelijk gerelativeerd. Tijdens de bijeenkomst in juni 2011 hebben sommige delegaties de doelstellingen als indicatief en zeer ambitieus bestempeld (EU 2011a).

Afgezien van het Witboek propageert de EU een heel scala aan doelstellingen om de broeikasgasemissies in het vervoer te reduceren. In de overwegingen van Richtlijn 2009/33/EG⁴ over de bevordering van schone en energiezuinige wegvoertuigen worden deze genoemd als motivering voor het uitvaardigen van deze communautaire regelgeving.

Ook de lidstaten van de CCR streven ernaar hun antropogene broeikasgasemissies te reduceren, inclusief die van het vervoer. Bovendien hebben sommige landen voor het vervoer in zijn geheel kwantitatieve doelstellingen geformuleerd. Het is denkbaar dat deze met verloop van tijd ook specifiek voor de binnenvaart zullen worden opgesteld. (Zie **bijlage 2**).

Dat de staten niet tot een kwantificering van de nagestreefde emissiereductie zijn overgegaan, is verbazingwekkend, want de Europese ministerraad heeft al in mei 2000 tijdens de conferentie van transportministers vastgesteld dat een eerste stap voor economische emissiereducties een accurate kwantificering van de verwachte emissievermindering door de al getroffen en voorgestelde maatregelen zou moeten zijn. In de meeste lidstaten is het proces daarvoor al op gang gebracht (CEMT 2000). De methodiek voor de ontwikkeling van klimaatdoelstellingen in de vervoerssector, de kwantificering en omzetting daarvan is in richtlijnen uiteengezet, die de milieuministers van de OESO (OESO 2002) al hebben aangenomen.

⁴ Richtlijn 2009/33/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2009 inzake de bevordering van schone en energiezuinige wegvoertuigen

De Europese scheepvaartorganisaties hebben – in tegenstelling tot de lidstaten van de CCR – hun doelstellingen voor de vermindering van de CO₂-emissies in de binnenvaart wel al gekwantificeerd: 50 tot 70% tot het jaar 2050 (INE, EBU et al. 2011). Vermoedelijk wordt hiermee de absolute hoeveelheid emissies bedoeld. Tegelijkertijd propageren de organisaties een toename van het aandeel van de binnenvaart in de modal split. Om onder deze omstandigheden de emissiedoelen te halen, zouden de scheepvaartorganisaties de specifieke emissies (in relatie tot de vervoersprestatie in tkm) nog veel sterker moeten terugdringen dan de absolute hoeveelheid. Verder doet men geen uitspraak over het referentiejaar dat voor de nagestreefde reductie gekozen is. Het ligt voor de hand dat het hier net als bij het Witboek van de Europese Commissie om het jaar 1990 gaat, omdat de mededeling uitdrukkelijk naar de werkzaamheden van de Europese Commissie verwijst.

De omvang van het reductiepotentieel voor de emissies van de binnenvaart is ook afhankelijk van de specificiteit van elke vaarweg. Grote vaarwegen maken de inzet van grote schepen of samenstellen mogelijk, die principieel tot lagere specifieke emissies leiden. Om deze reden zouden ambitieuze doelstellingen met betrekking tot de emissiereducties op de Rijn en andere gelijksoortige grote vaarwegen veel eenvoudiger gerealiseerd kunnen worden dan op vaarwegen met een zeer beperkt profiel.

In de VS heeft het Supreme Court een verzoek om schadevergoeding wegens broeikasgasemissies ontvankelijk verklaard. Voorsnog is niet bekend of de rechter de veroorzakers van de broeikasgasemissie aansprakelijk zal stellen voor de schade die door de klimaatverandering is ontstaan (Eder 2011). Mocht dit het geval zijn, dan zou dit ook buiten de VS consequenties kunnen hebben. Met name valt van een dergelijk vonnis te verwachten dat het een extra impuls zou kunnen vormen voor een vermindering van de broeikasgasemissies, omdat de emittenten een eventuele eis op schadevergoeding zullen proberen te voorkomen.

5. Carbon footprint en specifieke CO₂-emissies (CO₂-intensiteit) van de binnenvaart en andere vervoersmodi over land

Dit gedeelte van het verslag is gewijd aan de zogenaamde carbon footprint, de klimatologische voetafdruk van de binnenvaart. Om te beginnen wordt de huidige kennis met betrekking tot de carbon footprint van de binnenvaart toegelicht en daarna wordt de carbon footprint met die van de andere vervoermiddelen vergeleken. Tot slot en in het licht van de recente gebeurtenissen wordt ingegaan op de standaardisering van de methode voor de berekening en declaratie van broeikasgasemissies bij transportdiensten.

5.1 Methodes voor de berekening van de carbon footprint en specifieke CO₂-emissies van de binnenvaart

Bij het vrachtvervoer kan de CO₂-intensiteit van een vervoermiddel uitgedrukt worden door de CO₂-emissies te relateren aan de vervoersprestatie, hetgeen meestal geschiedt in de vorm van g/tkm, maar ook bijvoorbeeld in g/TEUkm. Deze verhouding wordt meestal de CO₂-emissiefactor genoemd. Net als bij andere vervoermiddelen is ook hier de CO₂-intensiteit hoofdbestanddeel voor de bepaling van de carbon footprint van de binnenvaart. In de meeste onderzoeken probeert men de CO₂-intensiteit van de binnenvaart te kwantificeren. De bandbreedte van de waarden die deze onderzoeken hebben opgeleverd, is echter zo groot dat daarmee noch een betrouwbare bepaling van de carbon footprint van de binnenvaart voor het vervoers- of klimaatbeschermingsbeleid mogelijk schijnt, noch de CO₂-emissies van logistieke ketens accuraat kunnen worden afgeleid. Dit werpt de vraag op hoe goed de kwaliteit van de basisgegevens is, die voor een extrapolatie met emissiefactoren gebruikt worden. De reeds voorhanden of nog te ontwikkelen emissiefactoren zouden daarom uitgaande van gegevens van binnenvaartondernemingen over hun brandstofverbruik en de vervoersprestatie van verschillende scheepstypen geverifieerd moeten worden met behulp van de statistieken waar de CCR over beschikt. Dit zou het mogelijk moeten maken betrouwbare en algemeen aanvaardbare uitspraken over de CO₂-emissies van de binnenvaart te gaan doen.

Welke uitdagingen bij de bepaling van de CO₂-emissies van de binnenvaart overwonnen moeten worden, blijkt uit de conclusies van de workshop van de CCR van 12 april 2011 in Straatsburg over dit thema (de Schepper 2011):

- Er is een breed scala van CO₂-emissiefactoren op grond van verschillende parameters, waarden en methoden.
- Als gevolg van lacunes in de beschikbare kennis, laten de actuele benaderingen nog steeds te wensen over.
- Het gaat om een complex gebied dat zich nog in ontwikkeling bevindt.
- Methodologisch gezien, is er een insteek in drie opzichten nodig:
 1. Bepaling van het brandstofverbruik van de schepen (gebaseerd op reële waarden / EEOI⁵);
 2. Bepaling van de carbon footprint voor besluitvormers in de logistieke branche (multi-modaal) en besluitvormingsprocessen in de vervoersector (intermodaal) – CEN-norm;
 3. Methode voor het uitstippelen van beleid en politieke besluitvorming.
- Een gedachtewisseling tussen deskundigen op EU-vlak en onderzoekers, alsmede een neutrale validatie zijn nodig om tot gedetailleerde en precieze emissiegegevens en emissiefactoren voor de binnenvaart te komen, die dan ook op grond van een toetsing door de betrokkenen algemeen kan worden aanvaard.

De bovenstaande discussieresultaten zijn het uitgangspunt voor de uiteenzettingen in het onderhavige verslag over de methodes voor de berekening van de carbon footprint en de specifieke CO₂-emissies van de binnenvaart. De methode voor de bepaling van de CO₂-emissies voor beleidsbeslissingen vormt daarbij een centraal punt. Afgezien hiervan gaat het verslag echter ook in op methodes voor de andere toepassingsmogelijkheden die tijdens de CCR-workshop werden geïdentificeerd.

Een accurate bepaling van het daadwerkelijke brandstofverbruik – en indirect dus ook van de CO₂-emissies – is voor de scheepseigenaren waarschijnlijk het belangrijkste met het oog op de maatregel het brandstofverbruik door optimalisering van de scheepsexploitatie terug te dringen. In **punt 13.2** en met name **bijlage 11** van dit verslag wordt daar nader op ingegaan. De bepaling van het daadwerkelijke brandstofverbruik stelt de scheepseigenaar in staat een benchmarking binnen zijn eigen vloot en met andere ondernemingen door te voeren. Wanneer men het reële brandstofverbruik kent, biedt dit tevens een basis voor de berekening van CO₂-emissies met het oog op logistieke of politieke beslissingen.

De bepaling van CO₂-emissies is van groot belang voor de logistieke beslissingen van ondernemingen. Ongeveer twee derde van circa 170 ondervraagde ondernemingen met een totale omzet van rond de 450 mld. euro, waaronder verladers en dienstverleners uit uiteenlopende branches, hebben in september en oktober 2009 te kennen gegeven dat de meting (en vermindering) van CO₂-emissies van groot belang is (Wittenbrink and Gburek 2009). Bovendien verwachten klanten van transportondernemingen informatie over de CO₂-emissies die het vervoer van hun goederen veroorzaakt, om deze te kunnen opnemen in hun milieu- en duurzaamheidbalansen. Als voorbeeld kan hier BASF worden genoemd, de grootste chemieonderneming ter wereld en zeer belangrijke klant van de binnenvaart. Deze onderneming stelt een balans op van haar broeikasgasemissies voor de gehele keten van de toegevoegde waarde⁶ en heeft daarbij vastgesteld dat de transportactiviteiten die voor de onderneming worden verricht, leiden tot broeikasgasemissies ter hoogte van ongeveer 4 miljoen ton CO₂-equivalent.

⁵ Energie Efficiëntie Operationele Indicator, zie bijlage 11

⁶ <http://www.basf.com/group/corporate/de/sustainability/environment/climate-protection/bilanzierung-treibhausgasemissionen>

Voor de berekening van de emissies van transporten worden verschillende geautomatiseerde systemen aangeboden. Het wellicht bekendste systeem voor vrachtvervoer in Europa is EcoTransIT⁷. Dit geautomatiseerde systeem, dat door de grote Europese spoorweg-ondernemingen ontwikkeld werd en ook anderen ter beschikking gesteld wordt, maakt het mogelijk de emissie in functie van geselecteerde transportmodi te berekenen. De verschillende vervoermiddelen worden virtueel in “ecologische” concurrentie met elkaar gesteld. Naarmate dergelijke berekeningen een grotere rol gaan spelen voor logistieke beslissingen, zal binnen de verschillende vervoersbranches de belangstelling zeker toenemen om hun emissies laag te houden en in de modellen zo nauwkeurig mogelijk weer te geven. Wetenschappelijk gevalideerde en door de desbetreffende branches aanvaarde emissiefactoren zijn een voorwaarde hiervoor. Zoals tijdens de workshop van de CCR al werd vastgesteld, is de Europese binnenvaart hier nog ver van verwijderd.

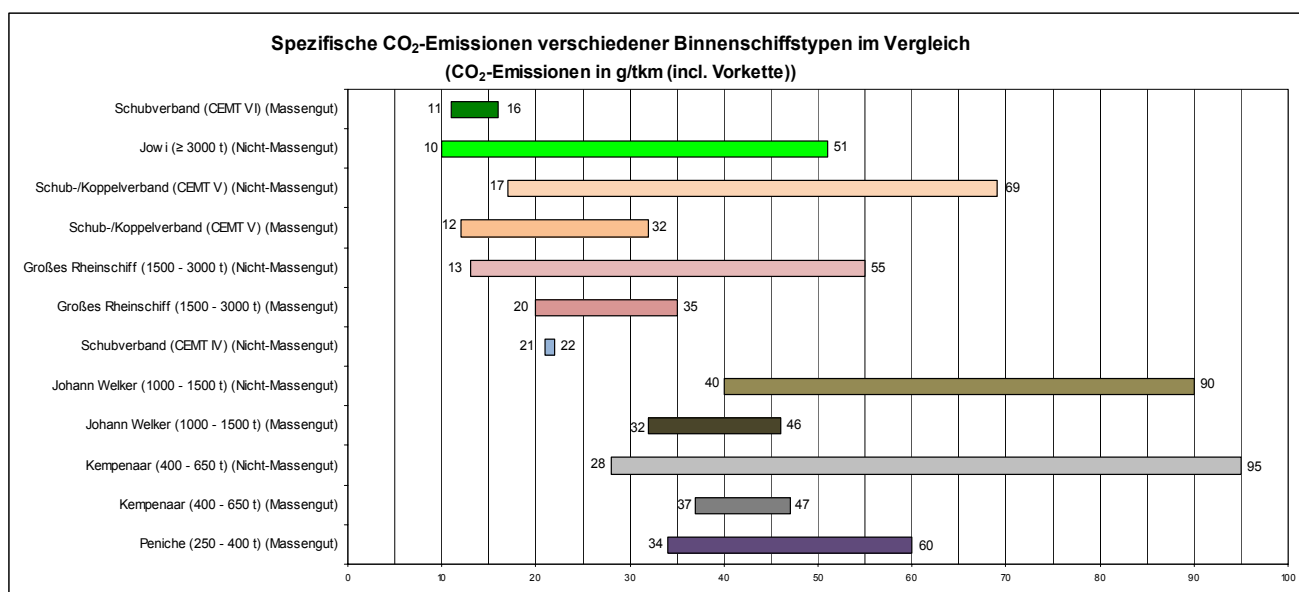
Mede met het oog op de bovengenoemde computerberekeningen wordt momenteel gewerkt aan een standaardisering van de methode voor de berekening en declaratie van broeikasgasemissies bij transportprestaties. Deze standaardisering is weliswaar een grote stap in de richting van een uniforme werkwijze, maar levert zelf geen CO₂-emissiefactoren op. Het is eerder zo dat men elders opgestelde emissiefactoren nodig heeft om de broeikasgasemissies van de transportdiensten te kunnen berekenen en declareren. **Punt 5.3** van dit verslag gaat nader op deze standaardisering in.

De bepaling van CO₂-emissiefactoren en van de CO₂-intensiteit van de binnenvaart is onderwerp van talrijke onderzoeken. Onderzoeken die slechts één enkele gemiddelde waarde aangeven waarbij deze waarde niet op het daadwerkelijke brandstofverbruik van de onderzochte vloot berust, zijn in feite onbruikbaar. Bij wijze van uitweg is het denkbaar, voor elk scheepstype de theoretische CO₂-intensiteit te bepalen en dan met behulp van de individuele vervoersprestatie van de verschillende scheepstypen de totale emissie te berekenen. Dergelijke onderzoeken zijn evenwel niet beschikbaar.

Onderzoeken die voor een groot aantal scheepstypen – en zo mogelijk bovendien met een differentiatie voor verschillende vaargebieden – de emissiefactoren afleiden, geven de situatie veel beter weer. **Afbeelding 3** bevat een overzicht van de CO₂-intensiteit (CO₂-emissiefactoren) voor verschillende scheepstypen, waarbij de hele voorafgaande keten voor de brandstofproductie (well to wheel) wordt meegeteld. De gegevens in deze afbeelding stammen uit onderzoeken die voor de verschillende scheepstypen voldoende gedifferentieerd te werk gaan. (Een uitgebreide analyse van deze en nog enkele andere onderzoeken is vervat in **bijlage 3**, samen met een tabel waarin wezenlijk meer details zijn opgenomen.) Wat opvalt, is de zeer grote bandbreedte van de waarden die voor de CO₂-intensiteit (CO₂-emissiefactoren) werden berekend: het verschil voor de afzonderlijke scheepstypen bedraagt gedeeltelijk een factor 5 en voor alle scheepstypen samen zelfs een factor 10. Hieruit zou de conclusie getrokken kunnen worden dat er uiteenlopende berekeningsmethoden worden gebruikt en er bovendien grote leemten in de kennis en gegevensbestanden lijken te bestaan.

⁷ <http://www.ecotransit.org/>

Afbeelding 3: Waarden van de CO₂-intensiteit (CO₂-emissiefactoren) voor de binnenvaart uit onderzoeken waarin ook de voorschakels in de keten voor de brandstofproductie worden meegeteld (Schilperoord 2004; ADEME 2006; PLANCO 2007; den Boer, Otten et al. 2011)



Gezien de breedte is het niet mogelijk, aan de hand van de genoemde waarden één of meer betrouwbare gemiddelde waarden voor de CO₂-intensiteit van de binnenvaart af te leiden. Cijfers met betrekking tot de absolute omvang van de carbon footprint van de binnenvaart, die gebaseerd zijn op de resultaten van deze of vergelijkbare onderzoeken, hebben daardoor niet veel zeggingskracht en kunnen min of meer alleen als grove schattingen worden beschouwd.

Bestaat er een bruikbare methode om de carbon footprint van de binnenvaart – niet alleen voor de enkele vervoersopgaven, zoals reeds is uitgevoerd (PLANCO), maar in totaliteit – met een acceptabele nauwkeurigheid te bepalen? **Bijlage 3** doet een voorstel voor een methodische aanpak, die met name uit de volgende stappen bestaat:

- verificatie van de voor elk scheepstype genoemde emissiefactor voor het desbetreffende vaargebied;
- vaststelling van de vervoersprestatie die door elke scheepscategorie (alle schepen van een bepaald type) in het desbetreffende vaargebied geleverd wordt;
- vaststelling van de carbon footprint voor elke scheepscategorie door vermenigvuldiging van de vervoersprestatie van deze scheepscategorie met de emissiefactor van het scheepstype, waarbij rekening wordt gehouden met de belading;
- optelling van de carbon footprint van alle scheepscategorieën in één en hetzelfde vaargebied.

Zoals al tijdens de workshop van de CCR naar voren kwam, moeten hierbij alle partijen worden betrokken en moet een neutrale validatie tot stand komen. Daarbij zou de CCR een voortrekkersrol kunnen vervullen, omdat men binnen de organen van de CCR vakkennis voor alle aspecten en raakvlakken van de binnenvaart bijeen kan brengen. De CCR werkt traditioneel nauw samen met vakorganisaties en ondernemingen die het hunne hieraan kunnen bijdragen en beschikt bovendien over een zeer omvangrijk bestand aan relevante vervoers- en vlootstatistieken. Meer in het algemeen kunnen hieronder ook de gegevens worden verstaan die in het kader van het “Verdrag inzake de verzameling, afgifte en inname van afval in de Rijn- en binnenvaart” (CDNI) beschikbaar zijn. Men zou kunnen nagaan of de bovengenoemde emissiefactoren en ook het totale brandstofverbruik van de Europese binnenvaart uit deze gegevens zouden kunnen worden afgeleid.

De Economische Commissie voor Europa van de Verenigde Naties (ECE/VN) ontwikkelt momenteel in het kader van een groots opgezet project een informatie- en analyse-instrument voor een modelberekening van de CO₂-emissies van alle vervoermiddelen over land, "ForFITS" genaamd. Dit instrument moet het mogelijk maken niet alleen de omvang van de emissies te bepalen, maar afgezien daarvan ook scenario's en voorstellen voor een strategisch vervoersbeleid te analyseren⁸. In oktober 2012 heeft de ECE/VN een omvangrijke inventarisatie gepresenteerd (UNECE 2012). Daarin worden talrijke, mogelijke gegevensbronnen en modellen genoemd die voor dit project in aanmerking zouden kunnen komen. Maar ook dit project bevat zo op het eerste gezicht geen procedure of onderzoek waarmee, rekening houdend met de boven genoemde premissen, de carbon footprint van de Europese binnenvaart kan worden bepaald. Voorzien is dat het project in 2013 wordt afgerond. Dan zou moeten worden nagegaan of met behulp van ForFITS de carbon footprint van de Europese binnenvaart met een acceptabele nauwkeurigheid kan worden bepaald, of dat ForFITS wellicht aspecten aandraagt die daarvoor gebruikt zouden kunnen worden.

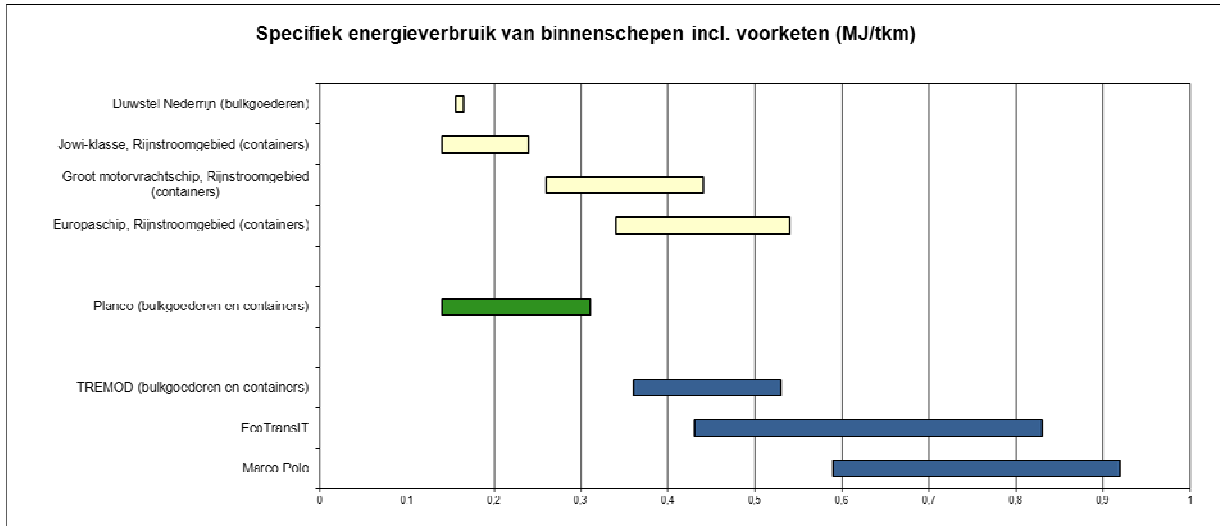
De bepaling van de carbon footprint en CO₂-emissiefactoren van de binnenvaart is geen doel op zich. Politieke en zakelijke beslissingen worden toenemend op het energieverbruik en de broeikasgasemissies van de verschillende vervoermiddelen afgestemd. Als voorbeelden voor politieke beslissingen kunnen de zogenaamde Marco Polo Calculator (Brons and Christidis 2011) en het Transport Emission Model TREMOD in opdracht van het Duitse Umweltbundesamt (overheidsmilieudienst) worden genoemd. De Marco Polo Calculator heeft tot doel in het kader van projectvoorstellen de externe kosten van de verschillende vervoersmodi te vergelijken, waarbij de resultaten worden gebruikt voor de toekenning van subsidies door de Europese Commissie. TREMOD wordt bijvoorbeeld gebruikt in het kader van de voorbereiding van milieuwetgeving en voor de berekening van het energiegebruik en de vervoeremissies waar Duitsland op grond van internationale afspraken over moet rapporteren⁹. EcoTransIT is daarentegen voor een grotere gebruikerskring bestemd. "EcoTransIT richt zich tot bedrijfsmanagers, logistieke aanbieders, progressieve vervoersplanners, politieke beleidsmakers, gewone klanten, niet-gouvernementele organisaties, aandeelhouders en andere belanghebbende partijen voor de berekening van de ecologische gevolgen van transporten op bepaalde routes en voor de vergelijking tussen verschillende vervoersoplossingen EcoTransIT"¹⁰ (IFEU 2011). De gegevens met betrekking tot de emissies die zowel door de Marco Polo Calculator, TREMOD als door EcoTransIT worden gebruikt, liggen gedeeltelijk aanzienlijk boven de waarden die in overeenkomstige studies werden bepaald. De verschillen met de reële gegevens voor de binnenvaart zijn nog groter. **Afbeelding 4** laat zien waar deze verschillen aan te wijten zijn: de Marco Polo Calculator, TREMOD en EcoTransIT gaan uit van gegevens voor het specifieke energieverbruik van de binnenvaart, die noch met gegevens uit de praktijk, noch met onderzoeksgegevens overeenkomen die met gegevens uit de praktijk werden gestaafd. Het is duidelijk dat hier een dringende handelingsbehoefte bestaat om een systematische benadeling van de binnenvaart ten gevolge van ontoereikende gegevens te voorkomen of ten minste te beperken.

⁸ http://www.unece.org/trans/theme_forfits.html

⁹ http://www.ifeu.de/index.php?bereich=ver&seite=projekt_tremod

¹⁰ <http://www.ecotransit.org/>

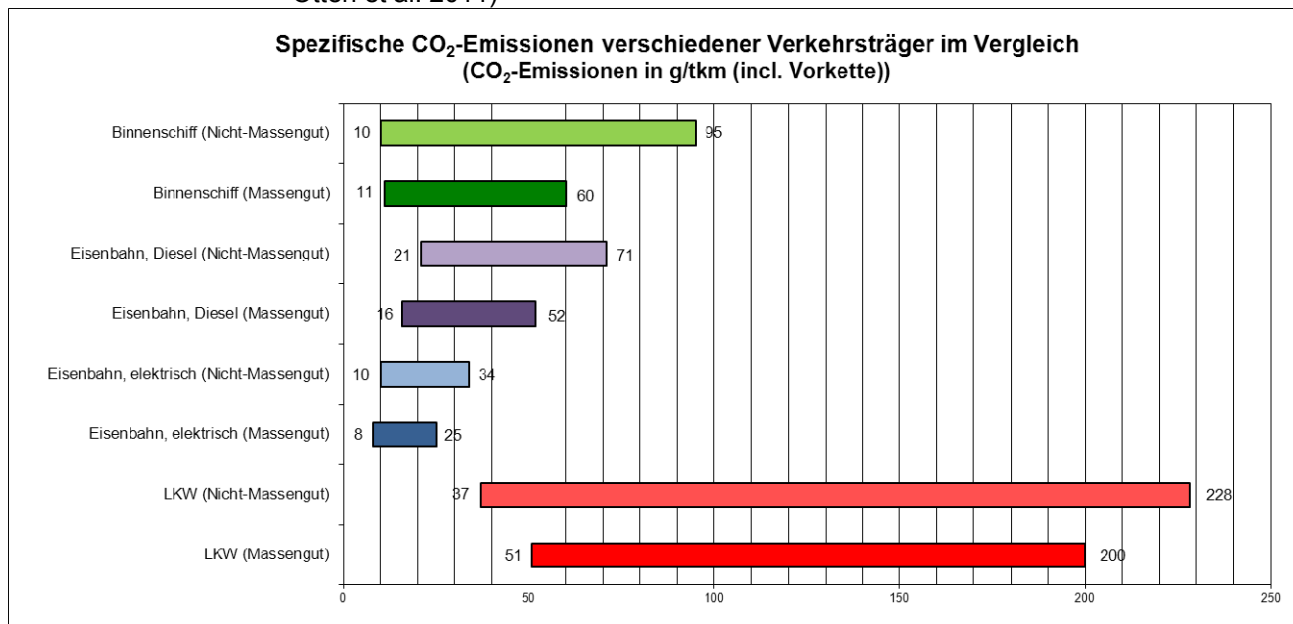
Afbeelding 4: Voorbeeld voor een vergelijking van gegevens over het specifieke energieverbruik van binnenschepen in onderzoeken en op grond van bevraging van ondernemingen (incl. voortekens) (PLANCO 2007; IFEU 2011; Knörr, Heidt et al. 2011; Van Essen and den Boer 2012) (gegevens ondernemingen)



5.2 Vergelijking van de specifieke CO₂-emissies van de verschillende vervoermiddelen

Het bepalen van de specifieke emissies van een verkeersdrager is een complexe zaak en met onzekerheden verbonden. Des te lastiger is de vergelijking van de emissies van verschillende vervoermodaliteiten onderling. De gelijklopende uitkomst van de desbetreffende onderzoeken lijkt evenwel te zijn dat de specifieke CO₂-emissies van de binnenvaart ongeveer gelijk zijn aan die van de spoorwegen en duidelijk lager dan die van het wegvervoer. Ook blijkt uit de onderzoeken dat transporten met binnenschepen of per spoor onder ongunstige omstandigheden tot hogere specifieke emissies leiden dan bepaalde transporten over de weg.

Afbeelding 5: Vergelijking van de specifieke CO₂-emissies van de verschillende vervoermiddelen (incl. voor ketens) (ADEME 2006; PLANCO 2007; den Boer, Otten et al. 2011)



Niet opgenomen in **afbeelding 5** is het spoorvervoer met elektrische tractie op spoornetten die nagenoeg volledig van uit kernenergie opgewekte elektriciteit worden voorzien, zoals dat bijv. in Frankrijk het geval is. In dit geval zijn de specifieke CO₂-emissies nog weer aanmerkelijk lager.

Uit het bovenstaande wordt duidelijk dat een modal shift naar het water fundamenteel kan bijdragen aan een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen, maar dat van geval tot geval dient te worden bekeken hoe contraproductieve modaliteitsverschuivingen vermeden kunnen worden. Zie hiervoor de uiteenzettingen in **punt 6** van dit verslag.

5.3 Standaardisering van de methode ter berekening en declaratie van broeikasgasemissies bij transportprestaties

Binnenkort zal de Europese norm EN 16258 : 2013 "Methode voor de berekening en declaratie van het energieverbruik worden gepubliceerd. De bovengenoemde Europese norm legt een uniforme methode (algemene regels) voor de berekening en declaratie van energieverbruik en uitstoot van broeikasgassen bij vervoersdiensten vast. Deze norm geldt voor vervoersdiensten in het personen- en goederenverkeer, die bijvoorbeeld door ondernemingen van openbaar streekvervoer, spoorondernemingen of expeditiebedrijven in opdracht van hun klanten worden uitgevoerd. De norm bevat begrippen, richtsnoeren, berekeningsmethoden en -voorbeelden evenals regels voor een correcte declaratie. De norm is gebaseerd op een pragmatische en wetenschappelijke aanpak, zodat een zo groot mogelijke gebruikerskring de norm zal kunnen toepassen. De norm is bestemd voor personen en organisaties die voor het kwantificeren van de broeikasgasemissies van een vervoersdienst van een genormeerde berekening willen uitgaan, zoals bijvoorbeeld:

- vervoersondernemingen (personen- of goederenvervoer),
- vervoersdienstverleners (logistiek- of touroperators), of
- opdrachtgevers (verladers, passagiers).

In principe moet er bij de berekening worden uitgegaan van het effectieve brandstofverbruik. Indien dit niet mogelijk is, kunnen vaste parameters (emissiefactoren uitgedrukt in gram CO₂ per tonkilometer) gebruikt worden. Deze vaste waarden zijn geen bestanddeel van de norm, maar in bijlage I van de norm wordt informatie over mogelijke bronnen verstrekt. Daarbij moet de kanttekening worden geplaatst dat het mogelijk is dat de in deze bijlage genoemde bronnen vooralsnog geen realistische waarden voor de binnenvaart, en met name voor de Rijnvaart, leveren.

Alleen emissiefactoren die verband houden met transporten, komen in aanmerking om in bijlage I van de norm opgenomen te worden. Emissiefactoren die bijvoorbeeld samenhangen met de overslag of aan- en afvoer, zijn niet adequaat.

In de voorlopige versie van de norm die de auteur ter beschikking stond, zijn in bijlage I bijvoorbeeld bronnen met betrekkelijk hoge waarden voor de binnen- en vooral ook Rijnvaart (ADEME 2006; Heidelberg, Öko-Institut et al. 2011) opgenomen. De opname van dergelijke waarden zou – zoals onder **punt 5.1** wordt aangevoerd – de binnenvaart aanzienlijk benadelen.

De lidstaten en met name de organisaties die het binnenvaartbedrijfsleven vertegenwoordigen, hadden de mogelijkheid hierop te reageren, om ervoor te zorgen dat in de definitieve versie van de norm op een adequate wijze met de binnenvaart zou worden omgesprongen. Het heeft er alle schijn van dat er van deze mogelijkheid geen gebruik is gemaakt.

6. Mogelijke, principiële strategieën voor de vermindering van broeikasgasemissies van het verkeer

In principe komen de volgende strategieën ter vermindering van de broeikasgasemissies in de vervoerssector (UNEP 2011) in aanmerking:

1. vermijding van vervoer,
2. verschuiving van vervoer naar klimaatvriendelijke vervoermiddelen,
3. vermindering van de specifieke emissies.

Het onderhavige verslag gaat alleen in op de strategische optie onder 3. Deze optie wordt in de volgende onderdelen van het verslag nader toegelicht. Optie 1 kan een inkrimping van de vraag naar binnenvaartvervoer tot gevolg hebben. Optie 2 is alleen dan voor de binnenvaart positief, als de binnenvaart bij het terugdringen van de broeikasgasemissies in de toekomst duidelijke successen weet te boeken.

Het vermijden van vervoersstromen kan bereikt worden door een bundeling van transporten en door maatregelen op het vlak van de ruimtelijke ordening, waardoor de productie van goederen geografisch gezien dichter naar de gebruikers wordt gebracht. De bundeling van transportgoederen is op zich gunstig voor de scheepvaart, omdat de binnenvaart zich juist goed leent voor het vervoer van grotere hoeveelheden. Een bundeling van transporten zal daarentegen vooral lokaal lonend zijn, bijvoorbeeld voor de aanvoer in stedelijke gebieden.

Voor dit soort transporten speelt de binnenvaart slechts een zeer ondergeschikte rol. Maatregelen op het vlak van de ruimtelijke ordening, waardoor de productie dicht naar de verbruikers wordt gebracht, zouden echter een grotere invloed op de binnenvaart kunnen hebben. Stijgende energieprijzen en de noodzaak om de broeikasgasemissies van de zeescheepvaart drastisch te beperken, zullen de intercontinentale transporten aanzienlijk duurder maken. Dit zou ertoe kunnen leiden dat de internationale arbeidsverdeling minder aantrekkelijk wordt en de in de zeehavens overgeslagen goederenhoeveelheden op een gegeven moment de gevolgen hiervan te merken krijgen. Negatieve gevolgen voor het transportaanbod in de Rijnvaart, dat juist voornamelijk zijn oorsprong en bestemming in de zeehavens heeft, kunnen niet uitgesloten worden.

Een verschuiving van vervoersstromen met als doel het klimaat te beschermen zou zich trendmatig gezien positief op de binnenvaart kunnen uitwerken, omdat de binnenvaart voor het vervoer van goederen in principe minder energie nodig heeft dan de andere vervoersmodi. Dat neemt niet weg dat elk afzonderlijk geval toch apart bekeken zal moeten worden, omdat – zoals beschreven onder **punt 8** – het energieverbruik door zeer veel uiteenlopende factoren bepaald wordt. **Afbeelding 3** heeft bovendien al laten zien dat de specifieke CO₂-emissies van binnenschepen sterk uiteenlopen, zodat het inzetten van een gemiddelde waarde voor de CO₂-emissies van de binnenvaart niet doelmatig is. In Duitsland werden voor bepaalde vervoersroutes vergelijkingen tussen de verschillende vervoermiddelen gemaakt. Daaruit blijkt dat er natuurlijk vervoersstromen zijn waar de binnenvaart vanwege de eerder genoemde factoren haar principiële voordelen niet kan uitspelen (Spielman, Faltenbacher et al. 2010), hoewel ook blijkt dat zelfs buiten het Rijnstroomgebied de binnenvaart vaak een betere keuze is, met name in vergelijking met het wegvervoer (PLANCO 2007).

Voorwaarde voor de door de klimaatverandering veroorzaakte verkeersverschuivingen is wel dat de binnenvaart haar huidige voorsprong bij bepaalde emissie behoudt of zelfs uitbreidt. Zij zal daarin alleen slagen als zij haar broeikasgasemissies verder weet terug te dringen, omdat de concurrenten steeds meer vooruitgang boeken bij hun emissiereductie. (Zie **punt 3** van dit verslag). Alles bij elkaar genomen valt te verwachten dat men steeds minder geneigd zal zijn transporten naar een andere vervoermiddelen te verplaatsen, omdat zij allemaal “schoner” en “veiliger” worden (Essen, Rijkee et al. 2009). De binnenvaart zou zich dus nog veel meer dan nu het geval is als de duurzame vervoermiddel bij uitstek moeten profileren, als zij inderdaad van een verschuiving van het vervoer omwille van ecologische redenen zou willen profiteren.

Mogelijke maatregelen ter vermindering van de specifieke emissies van de binnenvaart – strategie-optie 3 - worden in **punten 9 tot en met 11** van dit verslag beschreven. Besluit 2008-I-12 van de CCR bevat een uitgebreid overzicht van deze en een aantal andere mogelijke acties om in de Rijn- en binnenvaart de broeikasgasemissies te reduceren. Een geactualiseerde versie van dit overzicht is opgenomen in **bijlage 4**. Uit de daarin opgenomen actiegebieden blijkt duidelijk dat scheepstechnische maatregelen, zoals vormgeving en uitrusting, de exploitatievorm van de schepen en het brandstoftype niet de enige aspecten zijn die de broeikasgasemissies van binnenschepen bepalen. Ook bijvoorbeeld de vorm van de waterweg en haven beïnvloeden de omvang van de emissies. Zij zouden onderwerp van toekomstig onderzoek kunnen zijn.

7. Potentieel voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de zeevaart

In de zeevaart wordt al enkele jaren intensief onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor een vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies (Buhaug, Corbett et al. 2009), en wel op een veel grotere schaal dan tot nu toe in de binnenvaart het geval is. De IMO heeft voor de zeevaart geconstateerd dat veelvoudige mogelijkheden voor de verhoging van de energie-efficiëntie en de reductie van de emissies gezocht kunnen worden in een wijziging van het ontwerp en de exploitatie van de schepen. In **tabel 2** wordt een samenvattende inschatting van het potentieel van deze mogelijkheden met betrekking tot de reductie van de CO₂-emissies gegeven.

Tabel 2: Inschatting van het potentieel voor de reductie van de CO₂-emissies van de zeevaart door het gebruik van bekende technologieën en praktijken (IMO 2009)

Maatregelen		Besparingen CO ₂ / tkm	Gecombineerd	Gecombineerd
Ontwerp (nieuwe schepen)	Ontwerp, snelheid & prestatie- en/of laadvermogen	2 tot 50% ⁺	10 tot 50% ⁺	25 tot 75% ⁺
	Romp & opbouwen	2 tot 20%		
	Vermogen & voortstuwing	5 tot 15%		
	Koolstofarme brandstoffen	5 tot 15%*		
	Duurzame energie	1 tot 10%		
	CO ₂ -reductie verbrandingsgassen	0%		
Exploitatie (alle schepen)	Vlootmanagement, logistiek & aansporingen	5 tot 50% ⁺	10 tot 50% ⁺	
	Reisoptimalisering	1 tot 10%		
	Energiemanagement	1 tot 10%		

⁺ Besparingen in deze orde van grootte zouden een beperking van de snelheid vereisen

* CO₂-equivalent, op basis van LNG

Het Joint Research Center (JRC) van de Europese Commissie heeft deze maatregelen nader beoordeeld in het licht van een mogelijke regulering van de uitstoot van schadelijke stoffen en broeikasgassen (Miola, Ciuffo et al. 2010). De omstandigheden voor de zee- en binnenvaart zijn gedeeltelijk sterk verschillend, zoals hieronder wordt aangetoond. Om deze reden zouden de maatregelen die voor de zeevaart zijn geïdentificeerd alleen na een nader onderzoek voor de binnenvaart geïmplementeerd kunnen worden. Een vergelijking met het voor de binnenvaart geschatte besparingspotentieel zoals weergegeven in **tabel 3**, laat zien dat het reductiepotentieel alles bij elkaar genomen in de zee- en binnenvaart verregaand vergelijkbaar lijkt te zijn.

8. Randvoorwaarden met betrekking tot de mogelijkheden ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart

De binnenvaart is onderworpen aan bijzondere randvoorwaarden met betrekking tot de mogelijkheden ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies, die voor andere vervoermiddelen inclusief de zeevaart niet of slechts in veel geringere mate gelden. Kennis en naleving van deze randvoorwaarden is noodzakelijk, wanneer bepaling resp. vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart aan de orde is.

Binnenschepen varen in relatief ondiepe wateren en zijn daardoor aan de hydrodynamische wetmatigheden onderworpen die zich in ondiep water voordoen. Dat gegeven bepaalt in belangrijke mate het vereiste motorvermogen van binnenschepen en daarmee tevens hun brandstofverbruik en CO₂-uitstoot. Enkele voorbeelden mogen dienen ter verduidelijking van de genoemde wetmatigheden:

- Het vereiste motorvermogen van een schip wordt in belangrijke mate bepaald door de afstand tussen de kiel en de bedding van de waterweg. Hoe groter deze als kielvrijheid of vlotwater aangeduide afstand is, des te lager is het motorvermogen dat nodig is. Bij grote, voor de Rijnvaart typische motorschepen vermindert bij een toename van de waterdiepte van 4 m naar 4,5 m het vereiste vermogen bijvoorbeeld met ruim een derde (snelheid van het schip 16 km/h, beladen diepgang 2,5 m) (PLANCO 2007).
- Over welk motorvermogen een binnenschip moet beschikken, wordt in belangrijke mate bepaald door zijn snelheid. Het hierboven beschreven grote motorschip, met een beladen diepgang van 2,5 m, heeft bij een waterdiepte van 5 m een vermogen van 500 kW nodig, om een snelheid van 17 km/h te realiseren. Wordt de snelheid slechts met 15% naar 14,5 km/h verlaagd, heeft het nog maar de helft van het vermogen nodig (Renner and Bialonski 2004). Met andere woorden, een luttel snelheidsvermindering leidt tot een substantiële vermindering van het benodigde vermogen en daarmee van het brandstofverbruik.¹¹
- Blijft daarentegen het ingezette vermogen op een binnenschip constant, bereikt het schip in geval van een grotere kielvrijheid een duidelijk hogere snelheid. Een groot motorschip met een beladen diepgang van 2,5 m realiseert met een vermogen van 200 kW bij een waterdiepte van ca. 3 m een snelheid van om en nabij 6 km/h. Bedraagt de waterdiepte echter 5 m, neemt de snelheid toe naar ongeveer 13 km/h. De twee bovengenoemde effecten worden minder, naarmate de kielvrijheid afneemt (PLANCO 2007).

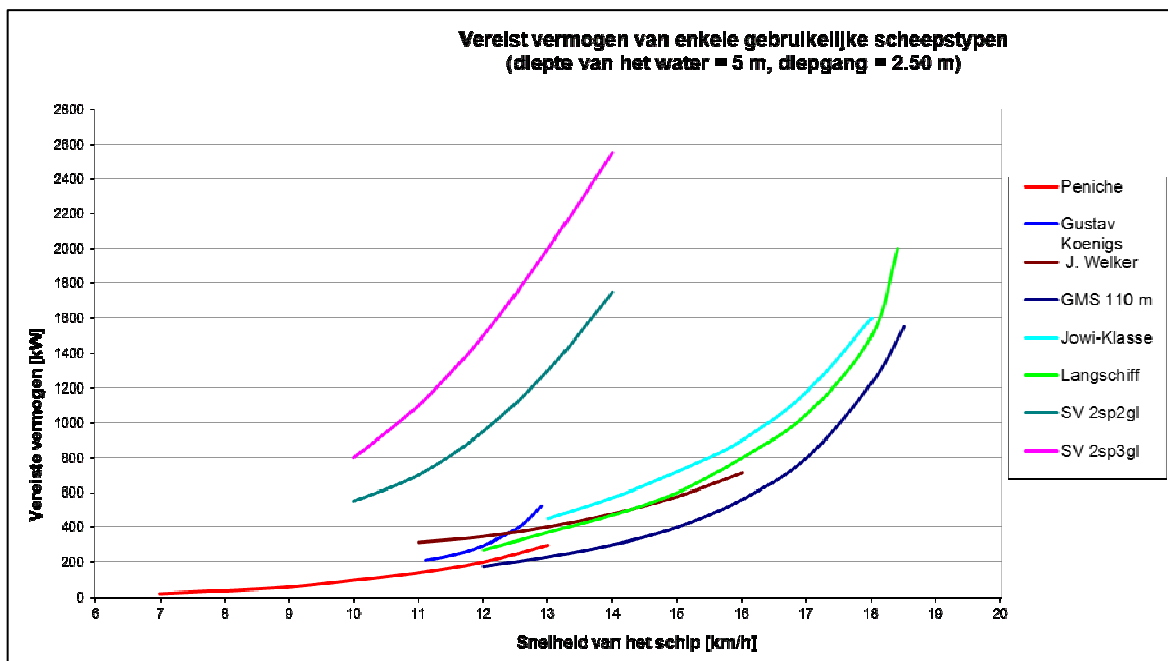
De eerstgenoemde wetmatigheid verduidelijkt de beslissende invloed die de waterdiepte heeft op het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot van de binnenvaart. Grote waterdiepten en goed onderhouden waterwegen zonder ondieptes bevorderen de energie-efficiëntie en de klimaatvriendelijkheid van de binnenvaart. De op de tweede plaats genoemde wetmatigheid toont de buitenproportionele invloed van de snelheid op het brandstofverbruik aan, een reden te meer om inzake brandstofvermindering principieel te kiezen voor een zo laag mogelijk snelheid. De derde wetmatigheid definieert de premissen voor een energiegeoptimaliseerde keuze van de snelheid van binnenschepen in relatie tot de waterdiepte: bij geringe kielvrijheid langzaam varen, bij ruim water onder de kiel zo snel varen dat een eventuele aankomstdeadline nog gehaald wordt. Hieraan zijn in de praktijk echter grenzen gesteld. Terwijl bij vrij stromende rivieren met verschillende vaargeulprofielen en waterdieptes er inderdaad grote mogelijkheden voor een energetisch geoptimaliseerde vaarwijze bestaan, is dit op kanalen met een steeds gelijkblijvend vaargeulprofiel en een constante waterdiepte, mede op grond van de daar vaak voorgeschreven snelheidsbeperkingen, alleen maar in beperkte mate het geval.

¹¹ De buitenproportionele invloed van de snelheid op het benodigde vermogen gaat nog zwaarder weger als het schip zijn maximaal haalbare snelheid nadert. De maximaal haalbare snelheid van een bepaald schip hangt met name af van het desbetreffende vlotwater. Hoe ondieper het water, des te lager is de maximaal haalbare snelheid in km per uur. Aangezien binnenschepen in de regel om economische redenen proberen de beschikbare waterdiepte zo goed mogelijk te benutten, kan ervan worden uitgegaan dat binnenschepen vaak met een beperkt vlotwater te maken hebben en daarom het hier beschreven effect in de praktijk van groot belang is.

Hoe groter het laadvermogen van een binnenschip, des te geringer is per definitie het vereiste motorvermogen. Deze wetmatigheid hebben alle vervoermiddelen met elkaar gemeen. Maar de binnenvaart kent nog een specifieke bijzonderheid: In het geval van een zeer grote kielvrijheid kan het vereiste motorvermogen van een groot schip met een grotere lading in absolute cijfers zelfs geringer zijn dan dat van een kleiner schip. Een groot motorschip heeft bijvoorbeeld bij een waterdiepte van 5 m en een snelheid van 13 km/h voor het vervoer van een lading van 1900 t slechts een vermogen van 230 kW nodig, terwijl een kleiner schip van het type Johann Welker voor het vervoer van een lading van maar 1250 t een vermogen van 420 kW nodig heeft (Zöllner 2009).

Afbeelding 6 laat duidelijk zien hoe het vereiste vermogen – en daardoor ook de CO₂-emissies – van een aantal gebruikelijke types binnenvaartschepen afhangt van de snelheid van het schip.

Afbeelding 6: Vereist vermogen van enkele gebruikelijke scheepstypen in functie van de snelheid van het schip (Zöllner 2009)



De bovengenoemde bijzonderheden van de binnenvaart moeten bij de berekening van de door deze vervoerstack veroorzaakte emissies, of het nu broeikasgassen of schadelijke stoffen voor de lucht zijn, in aanmerking worden genomen. Doet men dit niet, dan wordt er niet voldoende rekening gehouden met de voor de binnenvaart zeer kenmerkende sterke correlatie tussen de uitstoot en de grootte van de transporteenheid. Dat zou leiden tot onjuiste conclusies over de uitstoot van de binnenvaart.

Gelet op voornoemde redenen voor vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot is voor de binnenvaart - meer dan voor de andere vervoermiddelen – bij voldoende vervoersvraag de inzet van zo groot mogelijke transporteenheden van groot belang. De op de Europese waterwegen toegestane maximale scheepsafmetingen lopen evenwel sterk uiteen. Terwijl op de Franse kanalen bijvoorbeeld grotendeels alleen schepen met een laadvermogen van minder dan 400 t kunnen worden ingezet, varen op de Neder-Rijn duwstellen met een maximale lading van meer dan 15.000 t. Op de Donau of de waterwegen van de VS varen zelfs nog grotere konvoien.

Voor zover geen sprake is van kanalen of door sluzen gereguleerde rivieren varieert het waterpeil in de waterwegen dikwijls aanmerkelijk. Bij lage waterstanden kunnen grote schepen, die meestal een grote diepgang hebben, hun intrinsieke efficiëntievoordelen niet langer of slechts in geringe mate uitspelen. In gevallen van geringe waterdiepte zijn bepaalde scheepstypen van voordeel, bijvoorbeeld duwstollen met zogeheten Elbe-bakken. Deze scheepstypen zijn bij grotere waterdiepten echter energetisch duidelijk minder efficiënt (Renner and Bialonski 2004).

Dit heeft verregaande consequenties voor binnenschepen die waterwegen met schommelende waterstanden bevaren of één reis op waterwegen met verschillende waterdiepten ondernemen. Indien deze schepen zo min mogelijk brandstof dienen te verbruiken en zo min mogelijk CO₂-uitstoot dienen te veroorzaken, zijn type, vorm en afmetingen enkel als bestmogelijk compromis vast te leggen.

Maar niet alleen de lengte, breedte en diepgang van de binnenschepen, ook hun hoogte en in het bijzonder de hoogte van de lading vinden hun begrenzing in het waterwegprofiel. Dat bepaalt namelijk in belangrijke mate het specifieke brandstofverbruik en de specifieke emissies van binnenschepen die containers vervoeren. Op de Rijn bijvoorbeeld zijn de specifieke emissies van containertransporten naar Bazel, waarbij containers slechts in drie lagen geladen kunnen worden, duidelijk hoger dan van containertransporten beneden Straatsburg, waar binnenschepen vanwege de hogere brugdoorvaarthoogtes vijf lagen containers kunnen laden. In vergelijking met de vrij stromende Rijn zelfs dubbel zo hoog zijn de specifieke emissies van containertransporten van bijvoorbeeld Hamburg naar Berlijn, waar de containers slechts in twee lagen vervoerd kunnen worden (PLANCO 2007). Andere factoren dan de brugdoorvaarthoogtes spelen daarentegen bij het containervervoer een ondergeschikte rol. Dat blijkt uit de specifieke emissies van bulkgoedtransporten in dezelfde vaargebieden. Bij laatstgenoemde transporten zijn de verschillen tussen de specifieke CO₂-emissies namelijk aanmerkelijk kleiner (PLANCO 2007). Met andere woorden, de brugdoorvaarthoogtes beperken de mogelijkheden voor vermindering van de specifieke CO₂-emissies van containerschepen in hoge mate, omdat zij bepalend zijn voor de maximale belading.

Samenvattend kan worden gesteld dat waterwegparameters van beslissende invloed zijn op het brandstofverbruik en de uitstoot van de binnenschepen. Zo groot mogelijke vaarwegdwarsprofielen zijn een voorwaarde voor een laag brandstofverbruik. Smalle vaarwegdwarsprofielen bieden slechts beperkte mogelijkheden voor een vermindering van het energieverbruik. Deze correlaties zijn natuurlijk ook bij de waterwegbeheerders en het scheepvaartbedrijfsleven bekend, die met uiteenlopende maatregelen op dit gegeven reageren:

- De waterwegbeheerders
 - vergroten de afmetingen van sluzen of heffen andere knelpunten op, zodat de betrokken waterwegen ten minste door de grote motorschepen bevaren kunnen worden, die bijzonder gunstig in termen van energie zijn,
 - laten bij gelijkblijvende waterwegparameters grotere scheepsafmetingen toe, voor zover nodig onder oplegging van technische of operationele veiligheidsvoorwaarden,
 - verhogen bruggen zodat de schepen meer lagen containers kunnen vervoeren.
- Het scheepvaartbedrijfsleven stemt de afmetingen van de schepen steeds meer op bepaalde vaargebieden of transporten af, waardoor bijzonder rendabele en energie-efficiënte scheepstypen kunnen worden ingezet. Als voorbeeld kunnen hier de schepen met een lengte van meer dan 110 m worden genoemd. Deze schepen kunnen niet op alle waterwegen in Europa worden ingezet, maar wel het Rijnstroomgebied, dat de grootste scheepvaartmarkt vormt, bedienen. De afgelopen jaren werden er dan ook vooral schepen met dergelijke afmetingen nieuw gebouwd.

Op grond van de bovenstaande uiteenzettingen kan de conclusie worden getrokken dat het belang van “universele schepen”, die wegens hun beperkte afmetingen praktisch alle Europese binnenwateren kunnen bevaren, afneemt. Dit blijkt ook uit de gestage toename van het gemiddelde laadvermogen van binnenschepen, zoals in **bijlage 7** vermeld staat.

Eén en ander neemt niet weg dat juist de grotere schepen een ecologisch dilemma opwerpen. Door het gebruik van grote schepen kan het aquatisch milieu meer onder druk komen te staan; als waterwegen worden uitgebouwd, zodat zij voor grotere schepen bevaarbaar worden, moet veelal zelfs sterk in de natuur worden ingegrepen. Als men de voorwaarden wil scheppen die het varen met grotere schepen mogelijk moeten maken, houdt dit in dat er bij de afwegingen ook steeds rekening gehouden zal moeten worden met ecologische aspecten. Inmiddels zijn er echter procedures ontwikkeld en gedeeltelijk ook al geïmplementeerd, waardoor de consequenties voor het aquatisch milieu kunnen worden beperkt, zodat de binnenvaart, ook als er met grote schepen wordt gevaren, niet in tegenspraak is met de doelstellingen van een duurzaam vervoersstelsel (Pauli 2010).

Met conventionele brandstoffen zijn – zoals eerder beschreven – op waterwegen met zeer beperkte parameters, zoals bijvoorbeeld bij het traditionele Franse kanalsysteem het geval is, klimaatvriendelijke transporten niet realiseerbaar. Voor de vermindering van de CO₂-uitstoot op smalle waterwegen zijn met name het gebruik van brandstoffen met lage broeikasgasemissies, zoals geavanceerde biobrandstoffen, en de toepassing van regeneratieve energieën een vereiste. Als voorbeeld kan hier de zogeheten “bierboot” (de Jong 2010) dienen.

Dit maakt duidelijk dat voor de kleine binnenschepen milieu- en klimaatvriendelijke technieken ingezet kunnen worden die aanvankelijk voor andere toepassingen waren ontwikkeld, waaronder met name de hybride aandrijvingsystemen, die voor grote vrachtwagens met een vergelijkbaar benodigd vermogen zijn ontwikkeld, genoemd kunnen worden.

De CCR heeft ingespeeld op de economische en ecologische voordelen van de grotere schepen en bijvoorbeeld de hele Rijn opengesteld voor schepen met een lengte van meer dan 110 m. Het actuele Rijnvaartpolitiereglement bepaalt dat de lengte van een afzonderlijk varend schip op de Rijn in geen geval langer dan 135 m mag bedragen, bij een maximale breedte van 22,8 m. Indien, bij een gereduceerde breedte van 15 m, een schip van 150 m zou worden toegelaten, zou dat een duidelijke vermindering van de specifieke emissies mogelijk maken, zoals het voorbeeld van het zogeheten langschip laat zien (Zöllner 2009). Deze observatie zou voor de vaarwegbeheerders aanleiding kunnen zijn niet alleen in totaliteit grotere afmetingen, maar ook een grotere variabiliteit ten aanzien van de toegestane maximale scheepsafmetingen in overweging te nemen.

Het binnenscheepvaartnet is veel wijdmaziger dan het spoorwegennet of zelfs het verkeerswegennet. Dat leidt ertoe dat transporten per binnenschip doorgaans langere afstanden moeten afleggen dan wanneer deze over de weg of via het spoor zouden worden uitgevoerd (PLANCO 2007). Dit geldt ook voor vervoersrelaties waarbij de binnenvaart traditioneel een groot marktaandeel heeft. Als voorbeeld vallen hier de ertstransporten van Rotterdam naar Dillingen te noemen, waarbij binnenschepen een meer dan 30% langere route moeten afleggen (PLANCO 2007). Ook al kunnen voor de binnenvaart per definitie lagere specifieke emissies worden gepostuleerd, betekent dit dat – afhankelijk van de verschillen in uitstoot tussen de vervoermiddelen en de lengte van de afgelegde omwegen – de binnenvaart bij bepaalde transporten een grotere carbon footprint achterlaat dan de concurrerende vervoersmodaliteiten. Dit lijkt evenwel bij de traditioneel door binnenschepen bediende transportrelaties in Europa nauwelijks het geval te zijn (Schilperoord 2004; PLANCO 2007).

Wanneer begin- en/of eindpunten van vervoersketens, waarin de binnenvaart is opgenomen, niet onmiddellijk aan een waterweg liggen, zijn aanvoer- en/of afvoer noodzakelijk, in beide gevallen met overslag van de te transporteren goederen. Wanneer de bovengenoemde effecten – omweg, aan- en afvoer, extra overslag – worden verdisconteerd, beïnvloedt dit de specifieke emissies deels in belangrijke mate. Deze effecten zijn weliswaar niet van doorslaggevend belang bij het onderzoek van mogelijkheden voor vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart en aldus ook niet voor onderhavig verslag. Zij zijn echter van belang voor de discussie over een mogelijke modal shift naar het binnenschip (den Boer, Otten et al. 2011). Dat betekent echter niet dat bij meeweging van deze effecten het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot van binnenvaarttransporten per definitie ongunstiger uitvallen dan bij vervoer over de weg of per spoor. Zelfs wanneer de carbon footprint van de binnenvaart bij een bepaalde vervoersrelatie groter is dan die van een ander vervoermiddel, kan daaruit niet de claim worden afgeleid dat deze relatie niet door het binnenschip mag worden bediend. In veel gevallen zijn transporten per binnenschip ook bij ongunstige broeikasgasemissies economisch nog steeds voordeliger dan met de andere vervoermiddelen, in het bijzonder wanneer de lagere geluidemissie en lagere gevolgcosten bij ongevallen in de binnenvaart worden meegerekend (PLANCO 2007). Om die reden lijkt het ten aanzien van de na te streven modal shift naar het binnenschip principieel noodzakelijk, de te verwachten emissies per geval te beoordelen (den Boer, Otten et al. 2011).

9. Scheepstechnische maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies

De scheepseigenaren hebben voor nieuwbouwschepen de keuze uit talrijke technische mogelijkheden om het brandstofverbruik en de CO₂-emissies terug te dringen. Zij kunnen de voor hun schepen en specifieke geval meest rendabele en technisch zinvolste maatregelen kiezen. Bij een verbouwing van voorhanden schepen zijn de potentiële besparingen aanzienlijk geringer. Het grootste reductiepotentieel kan worden bereikt door de afmetingen en het draagvermogen van de schepen te vergroten. Vanwege hun zeer grote belang voor de toekomstige ontwikkeling van de emissies, zal het samenspel van deze maatregelen nader worden toegelicht. Een kwantificering van het mogelijke besparingspotentieel hangt echter van een aantal randvoorwaarden af, die al naar gelang het scheepstype en de gebruiksomstandigheden duidelijk kunnen verschillen.

De onderzoeken naar maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart die qua omvang en zorgvuldigheid met de onderzoeken voor de zeevaart (Buhaug, Corbett et al. 2009) vergelijkbaar zijn, ontbreken. In het kader van een omvangrijk onderzoeksproject van de Europese Commissie met betrekking tot alle vervoermiddelen, “EU Transport GHG: Routes to 2050?”, werden diverse reductiemaatregelen geïdentificeerd, die in **bijlage 5** zijn samengevat. Maatregelen ter vermindering van de CO₂-emissies in de binnenvaart waren ondermeer thema van een workshop van de CCR op 12 april 2011 in Straatsburg. De door de deelnemers aangewezen mogelijke maatregelen zijn op de website van de CCR (www.ccr-zkr.org) terug te vinden. Deze maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies werden tijdens een workshop (Croo 2011; Schweighofer 2011) geëvalueerd. De resultaten daarvan kunnen als volgt worden samengevat:

- De potentiële emissiereductie hangt in grote mate af van de afmetingen en toestand van het schip, de uitrusting ervan, evenals het gebied en de wijze waarop het schip vaart.
- Veel schepen zijn al uitgerust met technische voorzieningen voor een emissiereductie en zijn ontworpen en geoptimaliseerd volgens de gebruikelijke technieken, met dien verstande dat er voor deze schepen weinig potentieel is om de CO₂-emissies verder te reduceren.

- Als er alleen hydrodynamische maatregelen getroffen zouden worden, ligt de potentiële emissiereductie van de bestaande vloot volgens schattingen bij grofweg 10%.
- Maatregelen voor een reductie van de CO₂-uitstoot zijn mogelijkwijs zeer kostbaar en kunnen zich nadelig uitwerken op waardevolle laadruimte of draagvermogen. Voor elk geval moeten gegronde inschattingen van de mogelijke emissiereductie en de economische haalbaarheid worden gedaan.
- Als de waterstanden het toelaten, kan de waterweerstand (laagwatereffecten) gereduceerd worden en zijn grotere schepen en meer lading mogelijk, waardoor een significante reductie in de CO₂-emissie/tkm bereikt wordt.
- De potentiële CO₂-reductie van de motoren is zeer beperkt.
- Deselelektrische aandrijving biedt een aanzienlijk CO₂-reductiepotentieel.
- Een combinatie van diverse maatregelen is mogelijk en nodig.
- De door de Europese Commissie geformuleerde doelstellingen voor de broeikasgasreductie kunnen niet alleen door een aanpassing van de aandrijvingmechanismen worden bereikt.
- Bij deselelektrische aandrijvingen zouden ook veiligheidsaspecten om de hoek kunnen komen kijken. Daarom moeten de technische vereisten voor binnenschepen van de CCR en EU worden gemoderniseerd.

Bijlage 6 bevat een beknopt overzicht en evaluatie van de bovengenoemde mogelijkheden en een aantal andere technische maatregelen aan het schip ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies.

Zowel het onderzoeksproject “Transport GHG: Routes to 2050?” (Hazeldine, Pridmore et al. 2009) als ook de discussies in het kader van de workshop van de CCR hebben als waarschijnlijk belangrijkste maatregel ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart gewezen op een verhoging van het gemiddelde draagvermogen (afmetingen). **Bijlage 7** bevat een vereenvoudigde analyse van de ontwikkeling van de gemiddelde scheepsafmetingen en hun mogelijke uitwerkingen op de CO₂-emissies. Indien de voorspelde toename van de scheepsafmetingen van ca. 1,5% per jaar (Ickert, Ulrike et al. 2007) inderdaad werkelijkheid wordt, zou dat – grof geschat – een daling van de specifieke CO₂-emissies in ongeveer dezelfde orde van grootte opleveren. Gerelateerd aan een jaar lijkt deze daling wellicht te veronachtzamen, maar bij een toename van de scheepsomvang gedurende tientallen jaren – zoals deze voor de Rijnvaart de afgelopen jaren kan worden vastgesteld – levert dit echter een daling van meer dan tien procent op. De conclusie is dat de continue toename van de scheepsafmetingen van doorslaggevend belang zou kunnen zijn voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies van de binnenvaart, en ieder geval op de Rijn en andere waterwegen waar de gemiddelde scheepsafmetingen nog duidelijk onder de maximaal toegelaten scheepsgrootte liggen. Dit betekent ook dat het zinvol zou kunnen zijn, de in **bijlage 7** beschreven aspecten en resultaten te verifiëren.

10. Operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies

De bedrijfsmatige maatregelen voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies hebben veel met de technische maatregelen gemeen. De scheepseigenaren hebben de keuze uit talrijke verschillende maatregelen en kunnen zelf bepalen welke voor hun schip en hun situatie het meest rendabel zijn. In tegenstelling tot de scheepstechnische maatregelen is er bij operationele maatregelen geen groot verschil tussen nieuwe en reeds bestaande schepen.

Het grootste besparingspotentieel wordt bereikt door een optimalisering van de snelheid van de schepen; de optimalisering bestaat eruit, uitgaand van de gewenste aankomsttijd en de vaaromstandigheden op de verschillende etappes van het af te leggen traject, een zo laag mogelijke snelheid te kiezen. Elke kwantificering van mogelijke besparingen hangt echter van talrijke randvoorwaarden af, die in functie van het scheepstype en vooral ook de vaaromstandigheden duidelijk kunnen verschillen. Hoewel de scheepseigenaar en schipper het brandstofverbruik en dus ook de emissies van het schip zelf sturen, zijn er ook een aantal bedrijfsmatige maatregelen waarvoor de waterwegbeheerders de vereiste voorwaarden zouden moeten scheppen.

Het omvangrijke onderzoek van de IMO over maatregelen waardoor in de zeevaart het brandstofverbruik en de CO₂-emissies kunnen worden verminderd, gaat eveneens in op operationele aspecten. De conclusies gelden in principe ook voor de binnenvaart. Vergelijkbare studies die specifiek de binnenvaart betreffen, zijn er niet. In het kader van het omvangrijke onderzoeksproject “EU Transport GHG: Routes to 2050?” worden slechts weinig reductiemaatregelen voor de binnenvaart genoemd. Operationele maatregelen voor de vermindering van de CO₂-emissies in de binnenvaart kwamen ook aan bod tijdens de workshop van de CCR op 12 april 2011 in Straatsburg. De door de deelnemers genoemde mogelijke maatregelen zijn op de website van de CCR (www.ccr-zkr.org) gepubliceerd. Zij werden tijdens de workshop geëvalueerd (ten Broeke 2011). De resultaten daarvan kunnen als volgt worden samengevat:

- Operationele maatregelen bieden een groot potentieel voor een vermindering van de CO₂-uitstoot.
- Door rekening te houden met de effecten van ondiep water kan eveneens een aanzienlijke reductie worden bereikt.
- Men is zich niet erg bewust van reductiemogelijkheden, maar de bewustwording neemt toe.
- Het gebruik van simulators zal bijdragen aan een sterkere bewustwording.
- De vermindering van de CO₂-emissies komt wel al aan bod tijdens de opleiding.

Bijlage 8 bevat een beknopt overzicht en evaluatie van de operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies. Men mag ervan uitgaan dat er in de optimalisering van de snelheid waarmee het schip vaart, een groot reductiepotentieel schuilgaat. Het Nederlandse programma VoortVarend Besparen (“*Smart Steaming*” in het Engels), dat in **bijlage 9** nader beschreven wordt, sluit op deze constatering aan. De aantoonbare resultaten van dit programma pleiten voor een uitbreiding tot buiten de Nederlandse grenzen.

Er komen ook steeds meer computerhulpmiddelen die de schipper kan inzetten om voor elk af te leggen traject een optimale snelheid te kiezen. De zogeheten “tempomaat”¹² is een dergelijk hulpmiddel. Gezien de uitermate positieve kosten/batenverhouding die voor de investering in dergelijke hulpmiddelen zowel in operationeel als in economisch opzicht verwacht kan worden, lijkt het zinvol een wettelijke verplichting voor de uitrusting van de binnenschepen met bedoelde hulpmiddelen te evalueren.

¹² http://ec.europa.eu/eu_law/state_aids/comp-2010/n264-10.pdf, und www.tempomaat.nl

In de Europese binnenvaart zijn snelheidsbeperkingen uit veiligheidsoverwegingen, ter voorkoming van schade aan de bedding en ter beperking van de uitstoot van schadelijke stoffen gebruikelijk. De beperkingen gelden voor korte waterweggedeelten, havens of voor de gehele waterweg. Om het doel van een vermindering van het brandstofverbruik en daardoor ook van de broeikasgasemissies te bereiken, is een algemene snelheidsbeperking daarentegen niet zeer efficiënt. De redenen daarvoor worden in **punt 8** van dit rapport beschreven. Hoeveel energie bespaard kan worden, hangt in hoge mate af van de diepte van het water. De oplegging van een bepaalde, maximaal toelaatbare snelheid zou daarom alleen voor enkele scheepstypen en alleen bij een bepaald vlotwater het brandstofverbruik daadwerkelijk verminderen. Voor de andere scheepstypen en voor andere vaaromstandigheden zou de snelheid te hoog of te laag zijn om enige werking te resulteren. Daarom moet in de binnenvaart in tegenstelling tot de zeevaart niet gestreefd worden naar een gelijkblijvende, lage snelheid (slow steaming), maar naar een optimale snelheid (smart steaming).

11. Gebruik van alternatieve energiedragers (brandstoffen) ter vermindering van de CO₂-emissies

De binnenvaart maakt vandaag de dag vrijwel uitsluitend gebruik van gasolie als brandstof. Bij verbranding van gasolie ontstaat CO₂. Deze uitstoot vertegenwoordigt verreweg het grootste deel van de broeikasgasemissies van de binnenvaart. Daar komt nog bij dat brandstoffen op basis van minerale olie halverwege deze eeuw niet meer of alleen tegen zeer hoge kosten - die voor de binnenvaart niet meer draagbaar zullen zijn - beschikbaar zullen zijn. Daarom moet de binnenvaart binnen enkele decennia volledig overstappen op een andere energiedrager. Deze alternatieve energiedragers moeten dan wel minder koolstoffen bevatten, of helemaal geen, en op lange termijn of zelfs onbeperkt beschikbaar zijn. Vloeibare biobrandstoffen liggen theoretisch weliswaar voor de hand om de huidige minerale olieproducten als brandstof op te volgen, maar naar verluid zullen zij niet in de vereiste hoeveelheden duurzaam geproduceerd kunnen worden.

Er zal dus een mix van brandstoffen in de binnenvaart gebruikt gaan worden, bestaand uit vloeibare en gasvormige biobrandstoffen, LNG en CNG. Ook elektrische energie die aan boord in accu's of na transformatie in de vorm van waterstof of methaan wordt opgeslagen, zou in een aantal gevallen voor de aandrijving van binnenschepen ingezet kunnen worden. Voordat het zover is, moet er echter een groot aantal voorbereidingen worden getroffen, zoals bijvoorbeeld op het vlak van de voorschriften voor de binnenvaart. Er zal met name voor gezorgd moeten worden dat de toekomstige energiemix het inderdaad mogelijk maakt de beoogde emissiereductie in de binnenvaart te verwezenlijken. Voor de overschakeling van de binnenvaart op alternatieve energiedragers zal daarom een strategie uitgestippeld moeten worden. Deze zou een onderdeel moeten vormen van een grensoverschrijdende strategie voor alle vervoermiddelen, omdat de binnenvaart in Europa een internationaal karakter heeft.

Een belangrijke voorwaarde voor een economisch zinvol gebruik van alternatieve energiedragers is naast hun beschikbaarheid tegen een kostprijs die voor de binnenvaart dragelijk is, de ontwikkeling van kwaliteitsnormen. Nieuwe aandrijvingsystemen voor binnenschepen zullen het alleen dan op de markt kunnen redden, als de energiedragers die zij gebruiken in voldoende mate, in gelijkblijvende kwaliteit en tegen rendabele prijzen worden aangeboden. Afgezien hiervan zullen er ook voor de toelatingsvoorschriften voor de aandrijvingsystemen nieuwe normen moeten worden opgesteld. Op grond van de huidige voorschriften is in feite alleen gasolie als brandstof toegelaten. Met het proces voor de toelating van LNG in de Rijn- en binnenvaart is een begin gemaakt. De toelatingsvoorschriften moeten geleidelijk worden aangepast, zodat alle in aanmerking komende energiedragers daadwerkelijk ingezet kunnen worden, zonder dat de veiligheid in de scheepvaart in het geding komt. De CCR heeft bij de invoering van zwavelarme brandstoffen en LNG in de binnenvaart laten zien dat zij voldoende vakcompetentie en mogelijkheden heeft om normen te ontwikkelen en op te leggen, waardoor zij het gebruik van ecologisch verantwoorde brandstoffen in de binnenvaart kan bevorderen. Aangezien de lidstaten van de CCR goed zijn voor ongeveer driekwart van de vervoersprestatie en dus ook van het brandstofverbruik in de binnenvaart in de EU, ligt het voor de hand dat deze staten samen met de CCR – in afstemming met en voor ondersteuning van mogelijke werkzaamheden van de Europese Commissie – een voortrekkersrol vervullen als het

gaat om de opstelling van een strategie voor toekomstige energiedragers in de binnenvaart en de daarvoor noodzakelijke vaststelling van normen.

Bij de toelating van LNG zou de CCR zich kunnen baseren op de ervaringen met het gebruik van CNG op kleinere passagiersschepen in bepaalde, geografisch beperkte vaargebieden. In Amsterdam is er een onderneming die al jarenlang ervaringen heeft opgedaan met een tiental rondvaartboten die op CNG varen (de Wilde and Weijers 2008).

De Europese deskundigengroep voor toekomstige brandstoffen voor de vervoerssector heeft uitgebreid onderzoek gedaan naar de verschillende energiedragers die voor de diverse vervoersmodi in aanmerking komen (Fuels 2011). De resultaten van dit onderzoek zijn in **bijlage 10** samengevat. Net als andere bronnen (IEA 2011a) wijst de expertgroep op het feit dat minerale oliën halverwege deze eeuw waarschijnlijk niet meer als brandstof voor de vervoerssector ter beschikking zullen staan. De ontwikkeling en het gebruik van alternatieve brandstoffen is dus niet alleen een noodzaak om de klimaatdoelstellingen te bereiken, maar ook omdat de aardoliebronnen uitgeput dreigen te raken.

Voor het gebruik van LNG in de binnenvaart werden, net als voor gasolie en uitgaand van een "well-to-wheel"-benadering, de algemene energiebalans en het ontstaan van broeikasgassen onderzocht. De emissies bestaan voor het overgrote deel uit CH₄. Deze worden omgerekend in CO₂-equivalenten. Als men deze emissies meetelt, levert dit bij het gebruik van LNG in vergelijking met gasolie in de binnenvaart een CO₂-reductiepotentieel van ongeveer 10% op (Verbeek, Kadijk et al. 2011).

Deze waarde komt ongeveer overeen met de 5 tot 7% die de Europese deskundigengroep voor toekomstige brandstoffen (Fuels 2011) voor Euro-5-dieselmotoren in het wegvervoer noemt. Regelmatig wordt voor de binnenvaart en CO₂-reductiepotentieel van 20 tot 25% genoemd (Consuegra and Paalvast 2010; Koopmans 2011). Dit komt overeen met de theoretische waarde van de vervanging van gasolie door LNG, als men de voorschakels (tank-to-wheel) en mogelijke negatieve gevolgen van vrijkomend CH₄ (methaanslip) op het klimaat buiten beschouwing laat. Gezien het feit dat aardgas in de toekomst als brandstof voor de binnenvaart een grote rol zou kunnen gaan spelen, is het wellicht zinvol, een goed gefundeerde waarde voor het CO₂-reductiepotentieel van LNG te verkrijgen.

De Europese norm EN 16258 : 2013 bevat voor talrijke brandstoffen richtwaarden voor de broeikasgasemissiefactoren, ook voor CNG, maar niet voor LNG. Aan de hand van deze norm kan voor CNG – in vergelijking met gasolie – een reductiepotentieel van CO₂-equivalenten ter hoogte van ongeveer 20% (tank-to-wheel), respectievelijk 25% (well-to-wheel) worden berekend. Aangezien de productie en het vervoer van LNG en CNG zeer verschillend zijn, zou het reductiepotentieel daarentegen alleen vergelijkbaar zijn bij een benadering zonder rekening te houden met de voorschakels.

Vloeibare en gasvormige biobrandstoffen kunnen vooralsnog niet in grote hoeveelheden duurzaam geproduceerd worden. In de toekomst zullen biobrandstoffen de energiebehoefte van de binnenvaart slechts gedeeltelijk kunnen dekken. Enerzijds zijn er natuurlijke grenzen aan de productiemogelijkheden voor biogene brandstoffen, en anderzijds staat de binnenvaart met andere, economisch rendabelere verkeersdragers in concurrentie als het gaat om biobrandstoffen. De biobrandstoffen zullen bovendien op termijn in het licht van de reductie van broeikasgassen aan steeds strengere eisen moeten voldoen. Verder valt ook te verwachten dat energiegewassen indirect zullen leiden tot een ander gebruik van de landbouwgrond en er dus sprake zal zijn van verdringingsconcurrentie. Daardoor zouden de prijzen voor levensmiddelen fors kunnen gaan stijgen, terwijl de broeikasgasemissies verder toenemen (Ahrens 2011). De productie van biogas door de fermentatie van maïs oogst de laatste tijd nogal wat kritiek (Schuh 2011). Op grond van scherpe kritiek op de bevordering van biobrandstoffen door de EU, zag de Europese Commissie zich in oktober 2012 gedwongen, voorstellen te doen voor een wijziging van de desbetreffende wettelijke regelingen, namelijk Richtlijn 98/70/EG over de kwaliteit van benzine en diesel en Richtlijn 2009/28/EG over de bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen. Deze voorstellen zijn er voornamelijk op gericht, de bijdrage van conventionele biobrandstoffen (die het risico in zich bergen van emissies als gevolg van een

indirect ander gebruik van landbouwgronden) te beperken, de broeikasgasbalans van de productieprocedures voor biobrandstoffen te verbeteren (vermindering van de hierdoor veroorzaakte emissies) door een verhoging van de te bereiken reductie van broeikasgasemissies en de marktpenetratie van geavanceerde biobrandstoffen (met een gering indirect ander gebruik van landbouwgronden) te bevorderen (EU 2012a). Er wordt tegenwoordig veel vooruitgang geboekt bij de in hoge mate technische productie van biobrandstoffen uit afval, die de Europese Commissie met haar voorstel nu nog meer wil gaan bevorderen; wat niet uit het oog mag worden verloren, is dat dit soort projecten voor de productie van de zogeheten biobrandstoffen van de tweede generatie ook al mislukt zijn (Trechow 2012). Het Internationale Energieagentschap (IEA) gaat er in een door haar opgestelde "Roadmap" vanuit dat in 2050 ruim een kwart van alle in de vervoerssector gebruikte brandstoffen uit biomassa afkomstig zou kunnen zijn en hierdoor een broeikasgasreductie van 50% in vergelijking met traditionele brandstoffen binnen bereik zou moeten komen (IEA 2011b). Het is te verwachten dat biobrandstoffen vooral ingezet zullen worden in situaties waarin geen of slechts beperkt zinvolle alternatieven bestaan, met name in de luchtvaart, de zeevaart en het zware goederenverkeer over de weg (Fuels 2011a).

Het gebruik van biogene brandstoffen op binnenschepen is complexer dan aan land (Arntz 2010). Om technische redenen zijn de fabrikanten van motoren tot nu toe vrij terughoudend als het gaat om een groter gebruik van biobrandstoffen in de binnenvaart. Geavanceerde technieken waardoor de uitstoot van schadelijke stoffen kan worden verminderd, vinden inmiddels ook in de binnenvaart ingang, maar zij vereisen brandstoffen van een steeds gelijkblijvende hoge kwaliteit, los van het feit of de reductie door maatregelen in de motor zelf of door een nabehandeling van de uitlaatgassen bereikt wordt. Om te beginnen zouden er eerst kwaliteitsnormen vastgesteld moeten worden waar deze brandstoffen aan moeten voldoen. Pas daarna kunnen deze brandstoffen op de markt geïntroduceerd worden. De motorfabrikanten dringen erop aan dat aangetoond wordt dat de kwaliteit van de brandstoffen niet te lijden heeft onder de opslag aan boord van de binnenschepen als gevolg van de omstandigheden die daar normaal gesproken heersen, en dit zelfs wanneer er sprake is van opslag over een langere periode, uitgesloten is. (Scherm 2011).

Het gebruik van elektrische energie die is opgeslagen in oplaadbare accu's of in de vorm van waterstof, die door elektrolyse werd opgewekt, staat wat de binnenvaart betreft, nog in de kinderschoenen (Krijgsman 2010). Van alle energiedragers die momenteel ter discussie staan, zijn dit de enige die volledig geproduceerd kunnen worden zonder dat er broeikasgassen bij vrijkomen ("nul-emissies"). Hun toekomstige belang voor de binnenvaart zal daarom zeker niet op de laatste plaats afhangen van de uiteindelijke beoogde emissiereductie. Tot nu toe zijn het vooral kleinere passagiersschepen die gebruik maken van in accu's opgeslagen elektrische energie. De belangstelling hiervoor schijnt echter te groeien. Zo werd er in Frankrijk onlangs een vereniging voor elektrische boten opgericht. De website van deze vereniging¹³ bevat informatie over meerdere passagiersschepen die met behulp van accu's elektrisch worden aangedreven. Ook twee kleine vrachtschepen, die in het centrum van Utrecht voor aanvoer en afvoer zorgen, zijn elektrisch aangedreven¹⁴. In Hamburg werd al in 2008 een passagiersschip met brandstofcellen in bedrijf genomen dat waterstof als brandstof gebruikt¹⁵. In het kader van het Duitse nationale innovatieprogramma voor waterstof- en brandstofcellentechnologie (NIP) wordt het gebruik van brandstofcellen voor de winning van elektrische en thermische energie op cruiseschepen onderzocht¹⁶. De waterstoftechnologie wordt in verbinding met brandstofcellen door leidende autofabrikanten vanwege de hoge output als een toekomstgericht perspectief gezien voor het afleggen van grote afstanden (Reuss 2012). Als dit perspectief in het autosegment realiteit wordt, zou daardoor – vooral ook met het oog op de kosten – de weg worden geëffend voor een kwantitatief omvangrijkere toepassing in de binnenvaart.

¹³ L'Association Française pour le Bateau Electrique, <http://www.bateau-electrique.com/>

¹⁴ http://www.binnenvaartkrant.nl/2/artikel.php?artikel_id=3807

¹⁵ <http://www.hysolutions-hamburg.de/index.php?id=26>

¹⁶ <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/nationales-innovationsprogramm-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie-nip.html>

Waterstof kan ook door de transformatie van windenergie, de zogeheten “power-to-gas”-technologie worden geproduceerd. In Duitsland is in 2011 een eerste centrale in gebruik genomen. Als de op deze wijze geproduceerde waterstof met behulp van brandstofcellen in elektrische energie wordt omgezet, bedraagt de totale werkingsgraad van de keten circa 30%. Deze waarde is laag; wanneer er echter vanuit wordt gegaan dat het waterstof juist dan geproduceerd wordt, wanneer andere afnemers voor de windenergie ontbreken, zou deze technologie toch een zinvol alternatief kunnen bieden voor de traditionele vormen om energie op te slaan (Schulze 2012).

Een relatief recente methode voor de opslag van elektrische energie maakt gebruik van methaan als opslagmedium. Daarbij wordt met behulp van elektrische energie uit CO₂ en water methaan geproduceerd. Een eerste installatie op industriële schaal, die overtollige windenergie in methaan omzet, zal als alles volgens plan verloopt in 2013 in bedrijf worden genomen (Reuss 2012). E-gas, zoals het in deze installatie geproduceerde, synthetische methaan ook wel genoemd wordt, heeft in vergelijking met waterstof het voordeel dat het vrijwel zonder problemen aardgas kan worden vervangen. Afgezien van de productie zijn er geen bijzondere technische of infrastructuurvoorzieningen nodig. Als wordt voorkomen dat het onverbrande methaan (methaanslip) ontsnapt, is het verregaand klimaatneutraal, omdat bij de verbranding alleen maar die hoeveelheid CO₂ vrijkomt die bij de productie aan de atmosfeer werd onttrokken. Daarom heeft het er alle schijn van dat e-gas zondermeer een realistisch alternatief kan zijn om binnenschepen klimaatneutraal aan te drijven.

Voor het gebruik van andere onconventionele brandstoffen in de binnenvaart zal eerst vergelijkbaar onderzoek moeten plaatsvinden, voor zover de onderzoeken voor de andere vervoerssegmenten niet één op één voor de binnenvaart overgenomen kunnen worden. Om contraproductieve ontwikkelingen tegen te gaan, zouden de resultaten van deze onderzoeken beschikbaar moeten zijn, voordat men ertoe overgaat deze alternatieve brandstoffen in te zetten.

De overschakeling op alternatieve, koolstofarme of -vrije energiedragers zal voor alle vervoersmodi fundamentele veranderingen met zich meebrengen. Het is daarom niet meer dan logisch dat er nu al strategieën worden ontwikkeld (Bundesregierung 2004) en aangekondigd. De Europese Commissie is van plan een meerjarig, coherent brandstofbeleid te presenteren, wat echter tot op heden nog niet geschied is¹⁷. In Duitsland is een nieuwe brandstofstrategie voorzien (DENA 2011). Eind 2012 zullen naar verwachting daarvoor concrete mogelijke maatregelen worden voorgesteld¹⁸.

Hoe de toekomstige energiemix er in de binnenvaart uit gaat zien, zal zij niet op eigen houtje kunnen bepalen. Het zal er eerder op neerkomen dat zij van de diverse aangeboden energiedragers die dragers zal kiezen die niet alleen technisch, maar vooral ook economisch, voor de binnenvaart geschikt zijn. In deze zin zal zij een “follower” en niet een “driver” van de ontwikkeling zijn. De binnenvaart kan de ontwikkelingen in andere sectoren niet afwachten en zich daar gewoon bij aansluiten, omdat de randvoorwaarden in de binnenvaart nu eenmaal anders zijn dan voor de weg en het spoor. Daarom is er een algemene brandstofstrategie voor de gehele vervoerssector nodig die rekening houdt met de specifieke omstandigheden in de binnenvaart. Het belangrijkste hoekpunt van deze strategie zou erop gericht moeten zijn dat er in de binnenvaart verregaand geen gebruik meer wordt gemaakt van op aardolie gebaseerde brandstoffen. Op dit moment vaart de binnenvaart voor bijna 100% op gasolie, maar over 40 jaar zullen deze brandstoffen voor de binnenvaart vrijwel niet meer beschikbaar zijn. De oorzaak hiervoor moet gezocht worden in de sterk expanderende vraag in China en andere bevolkingsdichte landen op een tijdstip waarop de aardoliewinning haar natuurlijke grenzen bereikt. Als er dan nog brandstoffen op basis van minerale olie ter beschikking staan, zullen ze op markten worden verkocht die bereid zijn daarvoor de hoogste prijzen te betalen, zoals met name voor de luchtvaart te verwachten valt. 40 jaar lijkt een lange tijd, maar is, als het er op aankomt, korter dan de levensduur van een binnenschip dat nu in de vaart wordt genomen. Met andere woorden, schepen die nu met dieselmotoren te water worden gelaten, zullen tegen het einde van hun levensduur waarschijnlijk nog op andere energiedragers moeten overschakelen.

¹⁷ http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cts/future-transport-fuels_en.htm

¹⁸ http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Zukunftstechnologien/MKStrategie/HintergrundMKS/mks-hintergrund_node.html

Op grond van de resultaten van de onderzoeken van de expertgroep (Fuels 2011) en de bovenstaande overwegingen zou een strategie voor de toekomstige ontwikkeling van de energiedragers voor de binnenvaart van de volgende hoekstenen uit moeten gaan:

1. gebruik van gasolie zolang dit nog financieel dragelijk is (stijgende inkoopprijzen, extra kosten voor de nabehandeling van uitlaatgassen);
2. geleidelijke invoering van LNG (en e-gas), net als in de zee- en kustvaart;
3. invoering van elektrische energie, opgeslagen in oplaadbare accu's, net als in het wegvervoer;
4. invoering van elektrische energie, opgeslagen in de vorm van waterstof, net als in het wegvervoer;
5. bijmenging / vervanging van gasolie met / door biobrandstoffen (voor zover beschikbaar);
6. bijmenging / vervanging van LNG door gasvormige biobrandstoffen (voor zover beschikbaar);
7. volledige vervanging van fossiele energiedragers.

Als de toekomstige brandstofstrategieën van de Europese Commissie en de staten niet voldoende rekening houden met de binnenvaart, zoals bijvoorbeeld het geval is in de huidige Duitse brandstofstrategie (Bundesregierung 2004), zou de CCR het voortouw kunnen nemen door een brandstofstrategie voor de binnenvaart te ontwikkelen, of op zijn minst, de bouwstenen daarvoor te leveren, die dan in overkoepelende strategieën kunnen worden opgenomen.

12. Potentieel voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart

In de **punten 9 en 10** van dit verslag en met name in de **bijlagen 6 en 8** worden verschillende maatregelen voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart besproken. Een samenvattende beoordeling van het reductiepotentieel van deze maatregelen is in **tabel 3** weergegeven. In hoeverre dit potentieel gerealiseerd wordt, hangt van diverse factoren af, niet in de laatste plaats van het feit of de flankerende maatregelen die in **punt 13** worden beschreven, inderdaad ten uitvoer zullen worden gebracht.

De vergelijkingen en het reductiepotentieel zijn gebaseerd op de "gemiddelde" huidige vloot. De laagste waarde geeft aan welk reductiepotentieel in ieder geval verwacht kan worden en de hoogste waarde staat voor het grootst mogelijke potentieel. Het cijfer "0%" betekent dat sommige schepen dit potentieel nu al halen of dat de desbetreffende maatregel om bepaalde redenen niet op alle schepen toepasbaar is. Bij de combinatie van maatregelen geeft de laagste waarde het reductiepotentieel ten opzichte van de reeds bestaande bijzonder energie-efficiënt gebouwde en geëxploiteerde schepen aan. De hoogste waarde staat voor het reductiepotentieel dat de huidige schepen met een lagere energie-efficiëntie kunnen bereiken.

Tabel 3: Inschatting van het potentieel voor de reductie van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies van de binnenvaart door het gebruik van bekende technologieën en praktijken

Maatregelen		Besparingen CO ₂ / tkm	Gecombineerd	Gecombineerd
Scheepstechniek	Efficiëntieverhoging motoren	2 tot 5%	10 tot 25%	10 tot 50%
	Dieselektrische voortstuwing	0 tot 20%		
	Hybride voortstuwing	0 tot 20%		
	Terugwinning afvalwarmte	0 tot 5%		
	Efficiëntere aandrijvingsystemen	5 tot 20%	0 tot 25%	
	Alternatieve aandrijvingsystemen	0 tot 25%		
	Lichte bouwwijze	0 tot 5%	5 tot 25%	
	Luchtsmering	0 tot 15%		
	Optimalisering scheepsvorm	0 tot 10%		
	Vaan- of grimwielen	0 tot 10%		
	Dynamische straalbuizen	0 tot 10%		
	Optimalisering koppelverbinding duwstellen	0 tot 15%		
Exploitatie	Smart Steaming, just in time	0 tot 30%	5 tot 30%	10 tot 40%
	Optimalisering snelheid met Decision Support Systems	0 tot 15%		
	Optimalisering reisplanning	0 tot 20%		
	Optimalisering automatische koersbepaling	0 tot 10%		
	Optimalisering onderhoud motoren	0 tot 5%	0 tot 10%	
	Optimalisering onderhoud schroeven	0 tot 5%		
	Optimalisering onderhoud scheepshuid	0 tot 5%		
	Optimalisering trim	0 tot 5%	5 tot 15%	
	Optimalisering schutten / brugdoorvaarten	0 tot 15%		
	Optimalisering afwikkeling in havens	0 tot 5%		
	Walstroom	0 tot 5%		

De genoemde waarden worden door grote onzekerheden gekenmerkt met betrekking tot:

- het reductiepotentieel van elke specifieke maatregel voor een gegeven schip,
- het reductiepotentieel van mogelijke combinaties van specifieke maatregelen voor een gegeven schip,
- de mogelijke omvang van de implementatie van de maatregelen op alle schepen, vooral op de reeds bestaande.

De vermelde waarden kunnen om deze redenen in het gunstigste geval als een schatting van deskundigen worden beschouwd, waarbij sommige deskundigen bij een combinatie van maatregelen het besparingspotentieel duidelijk een stuk lager inschatten. Het valt daarom te begroeten dat deskundigen de bovenstaande maatregelen bediscussiëren en binnenkort op wetenschappelijke basis meer in detail zullen gaan toetsen. Bovendien is de kostenefficiëntie van afzonderlijke (al dan niet gecombineerde) maatregelen buiten beschouwing gelaten, zodat de implementatie van sommige maatregelen of combinaties van maatregelen alleen al omwille van de kosten niet in aanmerking zou kunnen komen.

In het verleden is het verschillende keren voorgekomen dat nieuwe voorschriften ter verhoging van de veiligheid of bescherming van het milieu tot een hoger energieverbruik, en dus hoger brandstofverbruik in de binnenvaart hebben geleid. De eisen die aan boordzuiveringsinstallaties worden gesteld, kunnen in dit kader als voorbeeld worden aangehaald. Een “holistische” benadering van veiligheid- en milieumaatregelen zou in de toekomst ertoe kunnen bijdragen, de eventueel daarmee samenhangende negatieve gevolgen voor de energie-efficiency van de binnenvaart zo veel mogelijk te voorkomen.

13. Ondersteunende maatregelen voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies

Onder ondersteunende maatregelen kunnen maatregelen worden verstaan die op zich genomen niet aan een reductie van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies bijdragen, maar die de tenuitvoerlegging van de eerder in dit verslag genoemde operationele en technische maatregelen bevorderen. Een elementaire en fundamentele ondersteunende maatregel is de verstrekking van relevante informatie. Andere ondersteunende maatregelen kunnen uit vrijwillige voorzieningen, reglementaire voorschriften of subsidies bestaan.

13.1 Verstrekking van informatie

De werkzaamheden van de CCR op het vlak van de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies hebben aangetoond dat er een overvloed aan relevante informatie beschikbaar is. Het vereist echter aanzienlijke inspanningen om deze informatie te vinden. De informatie is bovendien vaak maar in één taal beschikbaar. Het Nederlandse scheepvaartbedrijfsleven heeft met steun van de Nederlandse overheid onder andere een informatiebrochure (de Grave and Van Wirdum 2006) uitgegeven om de informatieverspreiding te vereenvoudigen. Deze brochure is ondertussen echter verouderd. De CCR en ook de PIANC hadden het plan opgevat, een informatieplatform in te richten, waarvan tot nu toe alleen de webpagina van de CCR over de workshop “CO₂-emissies van de binnenvaart – Hoe zijn ze te meten? Hoe zijn ze te verminderen?”¹⁹ in april 2011 is gerealiseerd. PLATINA heeft op voorstel van het secretariaat van de CCR in de database voor innovatie²⁰ potentiële maatregelen opgenomen, maar deze beperken zich tot enkele technische aspecten en zijn uitsluitend in het Engels beschikbaar. Deze paar voorbeelden laten zien dat er aan de ene kant een tekort aan informatie is, terwijl er aan de andere kant ook concrete mogelijkheden bestaan om op een gebruikersvriendelijke wijze veelomvattende, relevante informatie te vertrekken, waarbij echter de volgende aspecten in overweging genomen moeten worden:

1. opstelling van een meertalige brochure over de belangrijkste operationele en scheepstechnische maatregelen; voor deze brochure zou kunnen worden uitgegaan van de brochure die destijds door het Nederlandse scheepvaartbedrijfsleven is uitgegeven;

¹⁹ www.ccr-zkr.org/temp/workshop120411_de.htm

²⁰ www.naiades.info/innovations/index.php5/Innovation_database

2. Instelling van een veeltalige website als informatieplatform voor alle essentiële aspecten van de reductie van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de binnenvaart; deze website zou met gebruikmaking van dit verslag en op basis van de webpagina van de CCR over de workshop ontwikkeld kunnen worden;
3. Instelling van een gebruikersgeoriënteerde en veeltalige databank over de operationele en scheepstechnische mogelijkheden om het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies te verminderen als onderdeel van de eerder genoemde website en onder gebruikmaking van de maatregelendossiers die reeds voor de workshop van de CCR waren opgesteld.

13.2 Ondersteunende maatregelen op vrijwillige basis

De IMO heeft voor de zeevaart mogelijke ondersteunende maatregelen gedefinieerd, waarvan de volgende relevant zijn:

- Energie Efficiëntie Ontwerp Index (Energy Efficiency Design Index - EEDI),
- Energie Efficiëntie Operationele Indicator (Energy Efficiency Operational Indicator - EEOI),
- Scheepsenergie Efficiëntie Management Plan (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP).

In **bijlage 11** is een uitgebreide beschrijving, inclusief de mogelijkheden en de beperkingen van deze instrumenten, opgenomen. De EEDI en de SEEMP zullen vanaf 1 januari 2013 bindend zijn voor schepen met een bruto tonnage van 400 ton en meer²¹.

De EEDI is een systeem voor de **classificatie van het energieverbruik** van schepen. De classificatie van schepen aan de hand van het energieverbruik dient een meervoudig doel:

1. De scheepseigenaar wordt bij zijn investeringsbeslissingen gesteund, aangezien de indeling naar energieverbruik transparant maakt welke energie- of klimaat-efficiëntie hij voor zijn investering kan verwachten. Een goede classificatie vergroot tevens de verkoopwaarde van zijn schip.
2. De werven kunnen de bouw van nieuwe, energie- of klimaat-efficiënte schepen gemakkelijker aan de man brengen, aangezien de hogere investeringen gerechtvaardigd worden door de betere classificatie.
3. Financiële steunmaatregelen kunnen gestoeld worden op een eenvoudig hanteerbare en transparante basis. De schepen met een goede classificatie kunnen grotere kortingen op de havengelden of vaarrechten krijgen dan schepen met een lagere of ontbrekende classificatie.
4. De overheidssubsidies krijgen in combinatie met de toepassing van de classificatie een bredere en vooral maatregelonafhankelijke referentiegrondslag. De subsidies kunnen aan het beoogde doel, zoals de beste energieverbruikklasse, worden aangepast. De scheepseigenaar heeft in dit geval de vrijheid zelf de beste maatregelen te kiezen om het doel te bereiken.
5. De indeling naar energieverbruik kan tevens rechtstreeks als een belangrijk element in een milieucertificeringssysteem (Green Label, Blaue Engel) van binnenschepen worden opgenomen.

Een dergelijke indeling bestaat reeds voor personenauto's, elektrische consumptiegoederen en huizen. Ook werd reeds een vergelijkende studie naar verschillende mogelijkheden van de energieverbruikindeling van binnenschepen uitgevoerd (Zoer 2011). Het zou mogelijk zijn een speciale of aangepaste indeling voor de binnenvaart te ontwikkelen op basis van de conclusies van deze studie en de werkzaamheden van de IMO.

²¹ www.imo.org/MediaCentre/MeetingSummaries/MEPC/Pages/MEPC-64th-session.aspx

De EEOI maakt een vergelijking of **benchmarking van de energie- of klimaat-efficiënte exploitatie** van schepen mogelijk. Deze benchmarking biedt tevens diverse andere voordelen:

1. De scheepseigenaar kan de energie-efficiëntie van de exploitatie van een schip rechtstreeks met die van andere schepen vergelijken en op deze manier het verbeteringspotentieel identificeren.
2. De scheepseigenaar krijgt een solide basis om premies als motivatie voor een energiebesparende exploitatie van de schepen aan de schippers toe te kennen.
3. De invoering van de EEOI genereert waardevolle gegevens over het brandstofverbruik van de vloot. Deze gegevens zijn onmisbaar voor een goede bedrijfsvoering. De gegevens – voor zover deze ook voor de overheid worden ontsloten – maken tevens de validatie van emissiefactoren aan de hand van reële emissies en een evaluatie van het klimaatbeleid van de binnenvaart in de praktijk mogelijk.
4. De beschikbaarheid van een Energie Efficiëntie Operationele Indicator kan ook rechtstreeks als een element in een milieucertificeringssysteem voor binnenschepen worden opgenomen.

De werkzaamheden van de IMO en de eerste toepassingen door de classificatiebureaus kunnen als grondslag voor de ontwikkeling van een specifieke of aangepaste Energie Efficiëntie Operationele Indicator voor de binnenvaart dienen.

Het SEEMP is een gestructureerd en transparant **hulpmiddel voor de continue verbetering van de energie-efficiëntie tijdens de exploitatie** van schepen. Het systeem ondersteunt dan ook een goede bedrijfsvoering. De bereikte vooruitgang moet door de EEOI kunnen worden gemeten. De beschikbaarheid van een SEEMP kan ook als een element in een milieucertificeringssysteem voor binnenschepen worden opgenomen.

Milieukeurmerken zijn het zichtbare product van een **certificeringssysteem voor een milieuvriendelijk scheepsontwerp en een milieubewuste scheepsexploitatie**. “Een milieukeurmerk moet a priori (...) er toe dienen schepen te onderscheiden die – in aanvulling op de wettelijke voorschriften – maatregelen hebben getroffen om schade aan het milieu te vermijden of te reduceren.

De speelruimte tussen verplicht na te leven voorschriften en technisch mogelijke vrijwillige verbeteringen is wegens de sterk toegenomen milieuregelgeving in de laatste jaren kleiner geworden. In de toekomst kan echter nog verdere technische vooruitgang, met name in het bereik van de energie-efficiëntie, worden verwacht. De milieukeur zal ook in de toekomst continu aan de actuele stand van de regelgeving worden aangepast, zodat steeds aan nieuwe vereisten moet worden voldaan.

De reële milieuvoordelen zijn – indien slechts enkele schepen aan hogere milieustandaarden voldoen – weliswaar gering, maar een milieukeurmerk kan de aanzet tot een positief proces vormen. Het is een signaal dat aangeeft dat het praktisch en ook economisch verantwoord is – direct door een kostenbesparing of indirect door een verbeterd milieu-image – boven het wettelijk vereiste uit in milieubeschermingsmaatregelen te investeren. Dit moet de invoering van innovatieve technologieën bevorderen.” (Seum, Bahlke et al. 2011)

De scheepseigenaren die de nodige investeringen doen voor de verkrijging van een milieukeur hechten niet alleen waarde aan een betere bescherming van het milieu en het klimaat, maar wensen tevens het imago van hun onderneming te verbeteren. De eigenaren willen natuurlijk ook financieel voordeel uit hun investeringen halen, bijvoorbeeld in de vorm van een verlaging van de havengelden en een bevoorrechtiging door de verladers. Een milieukeur is reeds door verschillende landen voor de zeevaart ingevoerd. In Duitsland is dit de “Blaue Engel”²², waarbij zowel een keurmerk voor een milieuvriendelijk scheepsontwerp als een keurmerk voor een milieubewuste scheepsexploitatie worden toegekend.

²² www.blauer-engel.de/de/blauer_engel/was_steckt_dahinter/schutzziele.php?objective=Wasser

In Nederland hebben inmiddels meer dan 300 schepen het milieukeurmerk *Green Award*²³ toegekend gekregen. Een schip dat overeenkomstig de vereisten van de Green Award is onderscheiden, moet voldoen aan bepaalde technische en bedrijfsmatige voorwaarden die gericht zijn op de bescherming van het milieu en het klimaat, zodat het in aanmerking komt voor financiële tegemoetkomingen, namelijk korting op de havengelden in de belangrijkste Nederlandse en Belgische havens. Overheidssubsidies en kredieten van banken ondersteunen de opbouw van de organisatie en de certificering van de schepen. De Green Award kan in principe een geschikt instrument voor de binnenvaart zijn om het treffen van maatregelen voor de klimaatbescherming op vrijwillige basis te ondersteunen. De effecten van deze milieukeur zouden met betrekking tot de klimaatbescherming nog groter kunnen zijn indien de vereisten (beslissingscriteria voor de certificering) andere aspecten van de klimaatbescherming, zoals een bepaalde classificatie van de schepen met betrekking tot het energieverbruik, zou omvatten.

De attractiviteit van milieukeuren en de daaruit voortvloeiende stimulansen voor scheepseigenaren om milieu- en klimaatbeschermende maatregelen te treffen, neemt evenredig toe met het aantal instanties die het milieukeurmerk erkennen en bepaalde voordelen daaraan toekennen. Het is om deze reden wenselijk een milieukeur in te stellen die in heel Europa – of minstens in het hele Rijnstroomgebied – wordt erkend. De invoering van verschillende nationale milieukeuren is voor de binnenvaart echter niet bepaald zinvol, aangezien elk schip in dit geval meerdere certificeringprocedures zou moeten doorlopen. De organisatie die het milieukeurmerk Green Award toekent, heeft interesse getoond om deze keur verder te ontwikkelen op het gebied van de binnenvaart. De milieukeur Blaue Engel voor de zeevaart werd in 2009 herzien, waarbij met name de klimaatbescherming in overweging werd genomen (Seum, Bahlke et al. 2011). Het zou op deze basis met redelijke inspanningen mogelijk moeten zijn een uniforme of geharmoniseerde milieukeur voor de binnenvaart in de lidstaten van de CCR of in een breder kader te ontwikkelen.

13.3 Ondersteunende maatregelen op basis van wettelijke verplichtingen en subsidies

Er zijn talrijke flankerende maatregelen, zowel wettelijk als financieel (UNECE 2012). Richtlijn 2009/33/EG laat zien hoe tegen de achtergrond van de klimaatbescherming wettelijke maatregelen kunnen worden gerechtvaardigd, die zich uitstrekken tot de beslissing over een aan te schaffen voertuig – in dit geval voor het wegvervoer. Voor de Europese binnenvaart zouden de volgende maatregelen uit wettelijke verplichtingen kunnen voortvloeien:

1. invoering van een belasting op de brandstoffen,
2. uitbreiding van het Europese emissiehandelssysteem tot de binnenvaart,
3. een verplichte classificatie of certificering van binnenschepen met betrekking tot het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies,
4. de invoering vaarrechten en havengelden in functie van de emissies.

Een gedetailleerd onderzoek van eerder genoemde maatregelen zou het kader van dit verslag te buiten gaan. Het zou echter zinvol zijn om afgezien van een verplichte energieclassificatie van binnenschepen ook de tenuitvoerlegging van de onder 4 genoemde maatregel nader te onderzoeken. Bij waterwegen waar reeds een vaarrecht wordt geheven zou deze inkomstenneutraal – dat wil zeggen zonder verhoging van de totale kosten van de binnenvaart – kunnen worden ingevoerd en desondanks duidelijk impulsen kunnen opleveren. Daar staat tegenover dat voor waterwegen die thans zonder tolheffing kunnen worden bevaren, en dan moet op de eerste plaats aan de Rijn worden gedacht, de invoering van een heffing in functie van de emissies, juridisch gezien moeilijk zou kunnen liggen, of zelfs onmogelijk zou kunnen blijken te zijn.

²³ www.greenaward.org

Ook de subsidieregelingen – of deze nu publiek of particulier zijn – worden in het kader van dit verslag buiten beschouwing gelaten.

13.4 Synthese

Samengevat kan worden vastgesteld dat de ondersteunende maatregelen een beslissende bijdrage kunnen leveren aan een doelgerichte uitvoering – door de betrokken partijen – van de bekende maatregelen voor de reductie van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies. De bedoelde ondersteunende maatregelen zijn bovendien gedeeltelijk reeds bijzonder ver ontwikkeld of krijgen zelfs al concrete toepassing. De volgende factoren zijn nodig om de volle effectiviteit van de ondersteunende maatregelen in de binnenvaart te bewerkstelligen:

- de ondersteunende maatregelen moeten – voor zover dit nog niet geschied is – verder worden ontwikkeld en indien nodig, zouden maatregelen die in andere sectoren worden getroffen, aan de binnenvaart moeten worden aangepast,
- de reeds nationaal toegepaste ondersteunende maatregelen moeten op Europees vlak of ten minste in de Rijnvaart ingang vinden,
- de ontwikkeling – naar analogie van de IMO – van transparante en algemeen aanvaarde standaarden waar alle betrokken partijen naar kunnen verwijzen, inclusief de overheidsinstanties in het kader van directe of indirecte subsidies bijvoorbeeld, moet worden bevorderd.

De eerder genoemde activiteiten zouden – gezien de uitermate positieve effecten van de ondersteunende maatregelen en het feit dat deze bovendien op vrijwillige basis genomen kunnen worden – een prioritaire behandeling en een snelle implementatie moeten krijgen. De aard van de werkzaamheden vereist in meerdere opzichten een overkoepelde benadering: de werkzaamheden moeten grensoverschrijdend en in samenwerking met alle betrokken partijen worden uitgevoerd en zowel de technische als de operationele aspecten in overweging nemen. Voor informatieve of vrijwillige maatregelen spelen bovendien politieke of juridische bevoegdheden geen rol, aangezien deze maatregelen noch voor de ondernemingen, noch voor de staten verplichtingen in het leven roepen.

De werking van vrijwillige, flankerende maatregelen mag niet worden overschat. Een recent onderzoek (Csutora 2012) toont aan dat een ecologisch bewustzijn op zich alleen nog niet tot een kleinere carbon footprint leidt. Dit zou betekenen dat informatie en bewustwordingsmaatregelen niet voldoende zijn om de zeer ambitieuze reductiedoelstellingen te bereiken. Kortom, er zijn dan ook significante financiële stimulansen of wettelijke voorschriften nodig.

14. Positieve neveneffecten van de vermindering van broeikasgasemissies

Maatregelen om de broeikasgasemissies terug te dringen, kunnen positieve neveneffecten tot gevolg hebben.

- Resulteert de vermindering van de broeikasgasemissies uit de vermindering van het brandstofverbruik, treedt in nagenoeg alle gevallen ook een vermindering op van de emissie van schadelijke stoffen²⁴.
- Resulteert de vermindering van de broeikasgasemissies uit het gebruik van LNG of een (indirect) gebruik van elektrische energie uit alternatieve bronnen, dan leidt dit tot een significante of bijna volledige terugdringing van de uitstoot van schadelijke stoffen.
- Een vermindering van het brandstofverbruik resulteert ook in een vermindering van de gebruikte resources, in dit geval aardolie. Dit verhoogt de duurzaamheid van de binnenvaart en vermindert de kosten;

²⁴ Met schadelijke stoffen worden hier stoffen bedoeld die mens en milieu schaden, zoals stikstofoxide (NO_x) en partikels (PM), in tegenstelling tot stoffen die vooral bijdragen aan een klimaatverandering.

- Wordt de vermindering van de broeikasgasemissies gerealiseerd door een vermindering van het ingezette aandrijfvermogen, leidt dat in de regel tevens tot een vermindering van de golfslag en van de stromingswijziging in het omgevende waterlichaam. Dat draagt vervolgens weer bij aan minder erosie van de rivierbedding en –bodem. Negatieve invloeden van de binnenvaart op de waterecologie worden geminimaliseerd.

Deze meervoudige positieve effecten die bij de uitvoering van maatregelen ter vermindering van de broeikasgasemissies van de binnenvaart kunnen worden gerealiseerd, maken het thema klimaatbescherming in de binnenvaart interessant voor zowel de politiek als de scheepvaartbranche, hoe klein de potentiële bijdrage van de binnenvaart aan klimaatbescherming in absolute cijfers ook moge lijken.

Verschillende studies wijzen uit dat de specifieke emissies van de klassieke schadelijke stoffen, in het bijzonder stikstofdioxide (NO_x) en zwevende deeltjes (PM) door de binnenvaart op hetzelfde niveau liggen als bij de spoorwegen of zelfs duidelijker daarboven. Met bepaalde restricties geldt dat ook voor het wegvervoer (PLANCO 2007; den Boer, Otten et al. 2011).

Het is lastig om de kosten van de verontreinigende emissies voor de economie – of anders uitgedrukt, de door deze stoffen aangerichte schade – te vergelijken met die van de broeikasgasemissies, omdat daartoe aan de verschillende emissies een prijskaartje zou moeten komen te hangen. De vergelijking hangt dus niet alleen af van de omvang van de emissies, maar ook van de kosten die één ton van de uitgestoten stof met zich meebrengen. Terwijl PLANCO (PLANCO 2007) de economische kosten van de verontreinigende uitstoot en broeikasgasemissies door de binnenvaart ongeveer even hoog inschaalt, komen andere studies op ongeveer zeven keer hogere kosten uit.

De uitstoot van schadelijke stoffen door de binnenvaart heeft dezelfde oorzaak als de broeikasgasemissies, namelijk de verbranding van gasolie in de aandrijfmotoren van de schepen. Maatregelen die de broeikasgasemissies in de binnenvaart door een vermindering van het brandstofverbruik proberen terug te dringen, hebben dus een positief neveneffect: zij zorgen ook voor een vermindering van de uitstoot van schadelijke stoffen.

Vanzelfsprekend heeft vermindering van het brandstofverbruik bovendien als bijkomend voordeel een verhoogde resource-efficiëntie, d.w.z. meer tonkilometers uit dezelfde hoeveelheid brandstof. Resource-efficiëntie is een relatief nieuwe beleidsdoelstelling (Commission 2011). Voor ondernemingen vormt resource-efficiëntie een belangrijk middel om de brandstofkosten te beheersen. Volgens interne berekeningen van het secretariaat van de CCR vormen deze kosten ongeveer een kwart van de totale bedrijfskosten van een modern motorvrachtschip. De brandstofkosten van de Rijnvaart zijn in de afgelopen tien jaar nominaal vrijwel verviervoudigd²⁵. Deze kosten stijgen bovendien sneller dan andere en leggen daardoor steeds meer gewicht in de schaal, zoals bleek uit de verklaringen van vertegenwoordigers van het scheepvaartbedrijfsleven tijdens de hoorzitting van de CCR over dit verslag op 6 maart 2012.

Schepen veroorzaken noodzakelijkerwijs golfslag, stromingen en zuigwerking in het omgevende waterlichaam. Als regel geldt: Hoe minder kielvrijheid of vlotwater voor het schip en hoe nauwer de bevaren waterweg is ten opzichte van de dwarsdoorsnede van het schip, des te groter is de negatieve werking van de golven en stromingen op het ecosysteem van de waterweg en op de waterwegbedding. Bijzonder effectieve maatregelen ter vermindering van deze negatieve invloeden zijn vermindering van het per schip ingezette motorvermogen en de vaarsnelheid (Söhngen, Knight et al. 2008).

²⁵ www.rhinecontainer.com/de/gasolpreise/?area=

Beide gaan per definitie gepaard met een vermindering van het brandstofverbruik. Ook al wordt in het bovenstaande van de daadwerkelijke, complexe omstandigheden slechts een sterk vereenvoudigd beeld geschetst, is duidelijk dat dergelijke maatregelen ter vermindering van de broeikasgasemissies die gebaseerd zijn op vermindering van het brandstofverbruik kunnen bijdragen aan de vermindering van de negatieve invloed van binnenschepen op de ecosystemen, de beddingen en de oevers van waterwegen. Dat laatste leidt vervolgens tot lagere kosten voor het onderhoud aan de waterwegen.

Deze meervoudige positieve neveneffecten van verminderd brandstofverbruik hebben belangrijke implicaties voor het beleid:

- Ter minimalisering van de klimaatverandering, verbetering van de luchtkwaliteit, verbetering van de resource-efficiëntie en vermindering van mogelijke negatieve uitwerkingen op bevaren waterwegen dienen ten principale alleen maatregelen te worden ondersteund die leiden tot vermindering van het brandstofverbruik in de binnenvaart, aangezien deze meervoudige voordelen opleveren. Als voorbeeld zij verwezen naar de zogeheten Tempomaat, een gecomputeriseerd systeem dat de schipper ondersteunt bij het kiezen van de optimale snelheid. Bij gebruik van dit systeem daalt het brandstofverbruik; daardoor vermindert ook de uitstoot van schadelijke stoffen en broeikasgassen. Op waterwegen met nauwe profielen stelt het systeem een lagere snelheid voor, waardoor de golfslag en de door het schip geïnduceerde stroming afnemen. Bovendien dalen ook nog eens de bedrijfskosten en ontstaat er voor de binnenvaart de mogelijkheid, klanten lagere transportprijzen aan te bieden.
- Daarentegen dienen maatregelen die leiden tot realisatie van slechts één van de bovengenoemde doelen zo veel mogelijk te worden vermeden, zulks eventueel ten koste van een ander doel. Als voorbeeld zij hier het gebruik van bepaalde biobrandstoffen genoemd die eventueel weliswaar aan de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen bijdragen, maar bij verbranding wat de schadelijke stoffen betreft een ongunstige balans opleveren en niet tot een kostenvermindering leiden.

Bovenstaande uiteenzettingen zijn een vereenvoudigende beschrijving van een complexe situatie. Zij maken evenwel duidelijk dat de vermindering van de broeikasgasemissies door de binnenvaart positieve neveneffecten kan hebben waarvan het maatschappelijk belang verder reikt dan wat er oorspronkelijk beoogd werd. Voor politiek en bestuur dient dat een reden te zijn om zich intensiever met de vermindering van de broeikasgasemissies in de binnenvaart bezig te houden dan op grond van de in absolute cijfers geringe invloed van de binnenvaart op de klimaatverandering noodzakelijk lijkt. Voor de scheepvaartbranche dient dit duidelijk te maken dat de vermindering van het brandstofverbruik niet alleen leidt tot een betere kostenbeheersing, maar in het middelpunt van alle inspanningen voor een groene binnenvaart zou moeten worden geplaatst.

De Europese Commissie heeft voorgesteld in NAIADES II, het nieuwe Europese actieprogramma ter bevordering van de binnenvaart, ook maatregelen op te nemen voor het terugdringen van de uitstoot van schadelijke stoffen (EU 2012). Deze zijn dan vooral gericht op de uitbreiding van wettelijke voorschriften ter vermindering van de uitstoot van schadelijke stoffen, zoals deze met name in Richtlijn 97/68/EG²⁶ vervat zijn. Afgezien daarvan worden ook nog de volgende maatregelen voorgesteld (Panteia, PLANCO et al. 2012):

1. het stimuleren van LNG als brandstof in de binnenvaart;
2. aanzetten tot of verplicht invoeren van het gebruik van Decision Support Systems (tempomaat, Econometer);
3. aandringen op de invoering van havengelden en vaarrechten die rekening houden met de emissiewaarden;

²⁶ Richtlijn 97/68/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 1997 betreffende de onderlinge aanpassing van de wetgevingen van de lidstaten inzake maatregelen tegen de uitstoot van verontreinigende gassen en deeltjes door inwendige verbrandingsmotoren die worden gemonteerd in niet voor de weg bestemde mobiele machines

4. informatie en bewustwordingsmaatregelen met betrekking tot de keuze van een optimale vaarsnelheid (smart steaming);
5. krachtige ondersteuning van een milieukeurmerk (Green Award);
6. ontwikkeling van een classificatie of certificering van binnenschepen met betrekking tot hun milieukeurmerken, vergelijkbaar met de EEDI in de zeevaart;
7. campagne ter ondersteuning van de beschikbaarheid van adequate, d.w.z. niet te krachtige aandrijfmotoren.

Deze aanvullende maatregelen zijn er vooral op gericht het brandstofverbruik, en daardoor de uitstoot van schadelijke stoffen, te reduceren of LNG als milieuvriendelijke brandstof te propageren. Langs deze weg zouden deze maatregelen, als zij in praktijk worden gebracht, tevens bijdragen aan een vermindering van de broeikasgasemissies van de binnenvaart. Dit is de reden waarom deze maatregelen in het onderhavige verslag al bij de behandeling van het laatstgenoemde aspect aan bod kwamen. Als deze maatregelen inderdaad in het kader van NAIADES geconcretiseerd zouden worden, kunnen de in punt 17 van dit verslag genoemde aanvullende werkzaamheden ter vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies komen te vervallen. Als deze maatregelen daarentegen in het kader van NAIADES buiten beschouwing blijven, zouden zij zoals in punt 17 voorgesteld, op de agenda kunnen worden geplaatst.

15. Scenario's voor de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart

Aan de binnenvaart staat een uitgebreid pakket maatregelen ter beschikking om de broeikasgasemissies van schepen te reduceren. Daarbij gaat het enerzijds om maatregelen die het gebruik van de schepen, hun constructie en hun uitrusting omvatten. Anderzijds is er een omvangrijke groep maatregelen die gericht zijn op de "decarbonisering" van de brandstof, oftewel het gebruik van brandstoffen met een lagere CO₂-uitstoot. Brede toepassing van de eerstgenoemde maatregelen in de toekomst zou men als conservatief scenario kunnen bestempelen, omdat deze maatregelen reeds hun intrede in de binnenvaart hebben gedaan en hier algemeen lijken te zijn geaccepteerd. Maatregelen van de tweede groep worden in de binnenvaart tot dusver hoogstens in uitzonderingsgevallen toegepast. Een toename in de toepassing van deze maatregelen naar een niveau boven dat van de eerstgenoemde is in het perspectief van broeikasgasreductie als optimistisch scenario te beschouwen. Kenmerkend voor beide scenario's en van bijzonder betekenis is de verhoging van het gemiddelde draagvermogen van de schepen als resultaat van de voortschrijdende modernisering van de binnenvaartvloot. Een modelberekening van de broeikasgasemissies voor deze scenario's laat zien dat volgens het conservatieve scenario de totale emissie ook bij een toename van de vervoersprestatie nagenoeg constant blijft en volgens het optimistische scenario met ongeveer twee derde zou kunnen verminderen. Met name voor het verkeers- en milieubeleid lijken de volgende mogelijke conclusies die zich daaruit laten trekken van belang:

- Een brede toepassing van de momenteel al her en der aangewende technische en bedrijfsmatige energiebesparingsmaatregelen en een verdere toename van de gemiddelde scheepsgrootte bieden de mogelijkheid om de bedrijfsemisies van broeikasgas in de binnenvaart ook bij een continue toename van het goederenvervoer op een min of meer constant niveau te houden.
- Een duidelijke reductie van de absolute hoeveelheid bedrijfsmatige broeikasgasemissie in de binnenvaart bij een gelijktijdige toename van het goederenvervoer zal mogelijk zijn, wanneer op grote schaal naast LNG ook biobrandstoffen en brandstoffen afkomstig uit regeneratieve energiebronnen worden ingezet.

Deze conclusies moeten als voorlopig worden beschouwd omdat de scenario's en het gebruikte rekenmodel nog moeten worden gevalideerd. Dit zou kunnen geschieden binnen het gezamenlijk kader van de CCR en de met haar samenwerkende bedrijven. Vervolgens zou het model Bedrijfsleven en Bestuur bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van strategieën en in het kader van de politieke besluitvorming van groot nut kunnen zijn.

Bijlage 12 bevat een gedetailleerde beschrijving van het rekenmodel en de scenario's.

16. Kosten en barrières voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies

Gefundeerde beslissingen over maatregelen voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies vereisen voldoende kennis van de kosten die met deze maatregelen verband houden. Het is opmerkelijk te noemen dat enkele in dit verslag aangehaalde maatregelen aan een kostenbesparing bijdragen, maar slechts in zeer beperkte mate in de binnenvaart toepassing blijken te vinden. De kosten en barrières voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies worden in het licht van deze constatering in dit punt nader onderzocht

16.1 Kosten van de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies

De verschillende technische en operationele maatregelen voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies veroorzaken diverse kosten. De investeringen in technische maatregelen verhogen de kosten voor de binnenvaart, tenzij zij door lagere bedrijfskosten zouden worden gecompenseerd. De operationele maatregelen leiden meestal tot kostenbesparingen, dat wil zeggen dat de kosten van de maatregelen negatieve waarden aannemen.

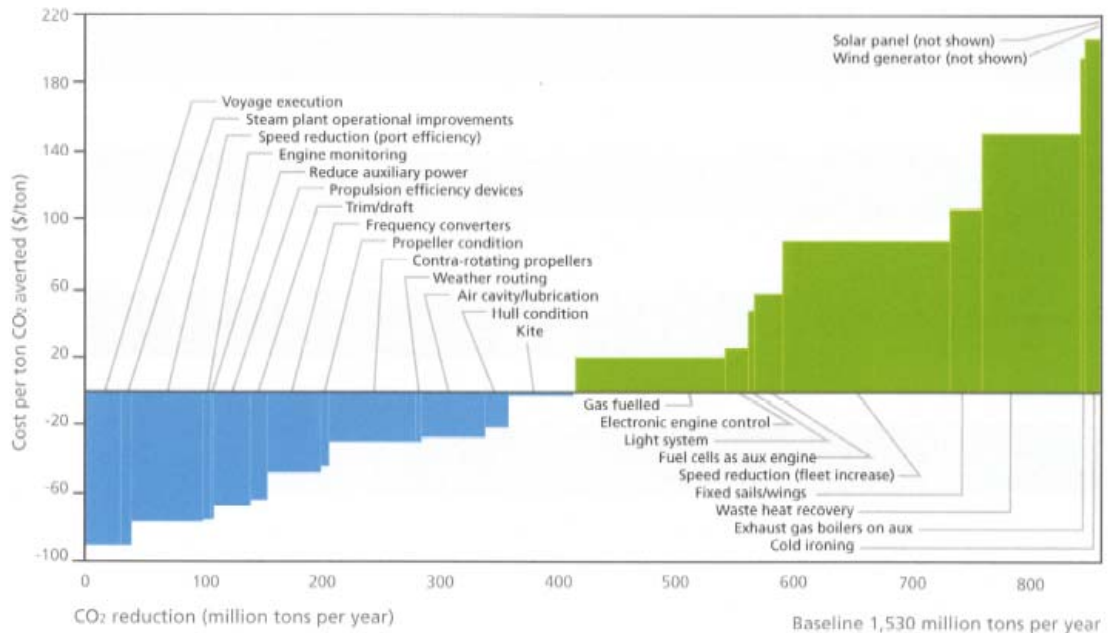
Het reductiepotentieel van de diverse maatregelen is ook niet steeds even groot. Maatregelen die aan een vermindering van het benodigde vermogen voor de hoofdvoortstuwung van de schepen bijdragen, hebben een aanzienlijk hoger reductiepotentieel dan maatregelen die alleen het benodigde vermogen voor bijkomende functies betreffen. Smart Steaming bijvoorbeeld heeft een veel groter reductiepotentieel dan de warmteterugwinning voor verwarmingsdoeleinden..

De eerder bedoelde verbanden – namelijk enerzijds de kosten en anderzijds het reductiepotentieel van de diverse maatregelen – worden grafisch weergegeven door middel van zogenaamde marginale reductiekostencurven (Marginal Abatement Cost Curves), waarvoor in het vervolg de Engelse afkorting MACC wordt gebruikt. In het algemeen gesproken kan een MACC worden gedefinieerd als een grafiek met diverse opties voor de emissiereductie van schadelijke stoffen of broeikasgassen, die aan de hand van hun vermijdingskosten worden geordend. MACC's kunnen alle bedrijfstakken van een nationale volkshuishouding weergeven, maar ook een algemeen, globaal beeld geven of uitsluitend opties voor een bepaalde bedrijfstak weergeven. MACC's zijn gezien de beknopte weergave van de kosten en het reductiepotentieel vooral interessant als hulpmiddel voor de politieke besluitvorming. Zij laten op een beknopte wijze zien welke reducties tegen welke kosten mogelijk zijn en waar de politiek moet ingrijpen om emissieverlagingen te bereiken.

Voor de zeevaart zijn diverse MACC's ontwikkeld (Faber, Behrends et al. 2011). In **afbeelding 7** wordt een MACC getoond die op een modellering van de verwachte kwantitatieve en kwalitatieve groei van de wereldhandelsvloot tot 2030 en de toepassing van 25 verschillende opties voor de CO₂-reductie berust (Jahn 2010). De aan de linker kant weergegeven maatregelen leiden tot een daling en de maatregelen aan de rechter kant tot een stijging van de levenscycluskosten, waaronder vooral de investerings- en brandstofkosten van de schepen vallen. Voor de binnenvaart schijnen echter MACC's te ontbreken. De MACC's voor de zeevaart kunnen – voornamelijk wegens de sterk verschillende benutting van de schepen en de brandstofkosten – niet zondermeer voor de binnenvaart worden overgenomen. De curve voor

de binnenvaart zou echter in trendmatig opzicht sterk gelijkvormig zijn, aangezien veel van de geciteerde maatregelen ook in de binnenvaart toepassing kunnen vinden.

Afbeelding 7: Gemiddelde marginale kosten voor de CO₂-reductie per optie – Wereldvloot in het jaar 2030 (Alvik, Eide et al. 2010)²⁷



De kosten en baten van reductiemaatregelen zijn relatief duidelijk voor de scheepseigenaren of de betrokken ondernemingen. De baten liggen in de brandstofbesparingen (negatieve kosten) en de kosten (uitgaven) houden vooral verband met de extra investeringen. In maatschappelijk opzicht liggen de verhoudingen iets complexer. De bespaarde brandstofhoeveelheden worden in maatschappelijk opzicht niet alleen vertaald in een reductie van de broeikasgasemissies, zoals uit de MACC blijkt, maar ook in een vermindering van de schadelijke stoffen, waaronder met name NO_x en deeltjes genoemd kunnen worden. Deze extra maatschappelijke baten zijn – indien rekening wordt gehouden met de externe kosten van de verschillende emissies – zelfs veel groter dan de baten die met de reductie van de broeikasgasemissies verband houden. Wat voor de ondernemingen “slechts” een vermindering van het brandstofverbruik is, vormt dan ook meervoudige winst voor de maatschappij. Een maatschappelijke benadering van de MACC's voor de zeevaart, waarbij de vermindering van de uitstoot aan schadelijke stoffen in overweging wordt genomen, zou dan ook tot gevolg hebben dat het nulpunt van de kosten naar rechts verschuift; enkele maatregelen die extra kosten voor de ondernemer veroorzaken leiden in maatschappelijk opzicht tot kostenbesparingen.

²⁷ “Hoe moeten de reductiecurven worden geïnterpreteerd?

De reductiecurven in afbeelding 7 geven een overzicht van de technische en operationele mogelijkheden om de emissies van de varende vloot in 2030 te beperken. De breedte van de balken brengt het potentieel van deze maatregelen tot uitdrukking om de CO₂-uitstoot van de globale vloot in vergelijking met een basisscenario te verlagen.

De hoogte van de balken komt overeen met de gemiddelde marginale kosten van de vermindering van 1 ton CO₂-uitstoot door deze maatregelen, in de veronderstelling dat alle maatregelen aan de linker kant reeds zijn toegepast. De marginale kosten in afbeelding 7 zijn de gemiddelde kosten voor alle scheepstypen. De grafiek geeft van links naar rechts de – stijgende – kosten per vermeden ton CO₂ weer. De effecten van de resterende maatregelen nemen af zodra een maatregel is uitgevoerd en de meest kosteneffectieve maatregelen worden als eerste geïmplementeerd. Waar de balken de x-as kruisen, beginnen de maatregelen die netto gezien kosten veroorzaken in plaats van netto besparingen opleveren. De toekomstige koolstofkosten zijn niet weergegeven, hoewel deze in principe de kostenefficiëntie van de maatregelen verbeteren.”

De MACC in **afbeelding 7** houdt als mogelijke maatregel ook rekening met het gebruik van vloeibaar aardgas (LNG) en wijst positieve marginale kosten aan deze factor toe.

De huidige werkzaamheden voor de toelating van LNG in de Rijnvaart tonen aan dat voor binnenschepen met een groot vermogen, die 24 uur per dag worden ingezet, het gebruik van LNG als brandstof waarschijnlijk tot kostenbesparingen zal leiden. De investeringskosten voor de LNG-installaties aan boord zouden echter – althans bij de huidige stand van zaken – voor de kleinere schepen in de dagvaart de mogelijke besparingen aan brandstofkosten overschrijden. In een dergelijk geval worden vraagtekens bij een opname in een MACC gesteld: moeten alleen de toepassingen die tot een kostenbesparing leiden – en die uiteindelijk een gering emissiereductiepotentieel opleveren – of alle mogelijke toepassingen – die in dit geval in hun totaliteit positieve marginale kosten vertonen – worden meegenomen? In de MACC uit het voorbeeld komen ook de eerder geschetste baten van LNG voor de reductie van de luchtverontreinigende stoffen niet tot uitdrukking en wordt bovendien niet in overweging genomen hoe snel de vloot kan worden omgeschakeld en de gewenste positieve effecten bereikt kunnen worden.

De bovenstaande uiteenzettingen tonen aan dat MACC's kunnen aanzetten tot een eenvoudiger inschatting van de situatie dat deze in werkelijkheid is. De MACC's zijn om deze reden uitvoerig kritisch onderzocht, ook gezien het grote belang dat dit instrument in de laatste jaren heeft gekregen. Dit onderzoek heeft met name aangetoond dat de modellen en scenario's die de grondslag voor een MACC vormen transparant gemaakt moeten worden om de gebruikers van de MACC niet tot verkeerde beslissingen aan te zetten. De MACC's kunnen bovendien slechts één – zij het belangrijk – instrument onder andere zijn om bekende opties voor de emissiereductie te analyseren. Ook is aanvullende informatie nodig over de onzekerheden van de aangenomen hypothesen, de chronologische implementatie van de overwogen opties en de onderlinge afhankelijkheid van de verschillende opties (Elkins, Kesicki et al. 2011; Vogt-Schilb and Hallegatte 2011).

De eerder aangehaalde constatering zou voor de ontwikkeling en het gebruik van een MACC voor de binnenvaart in overweging genomen moeten worden. Dit is betrekkelijk eenvoudig voor de reductiemaatregelen in de binnenvaart, aangezien het aantal praktisch relevante maatregelen gering is en de implementatie van de maatregelen bovendien – in het ongunstigste geval – minder complex dan bijvoorbeeld in de zeevaart ligt. In andere woorden: de modellen en scenario's die als grondslag gebruikt zouden worden voor een MACC voor de binnenvaart zouden relatief overzichtelijk zijn. De toegepaste hypothesen zouden natuurlijk transparant gemaakt moeten worden. De ervaringen met de opstelling van MACC's voor de zeevaart (Faber, Behrends et al. 2011) zouden de overeenkomstige werkzaamheden voor de binnenvaart vereenvoudigen.

Ook indien rekening wordt gehouden met deze kritische kanttekeningen, moge het duidelijk zijn dat zowel de ondernemingen als de politieke besluitvormers in meerdere opzichten baat zouden hebben bij de ontwikkeling van een MACC, met de bijbehorende modellen en scenario's, voor de broeikasgasemissies in de binnenvaart. De uitvoerige voorbereidende werkzaamheden voor de verschillende MACC's voor de zeevaart en de analyses in de voorafgaande punten van dit verslag zouden de kosten en inspanningen in dit opzicht helpen beperken.

16.2 Barrières voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies

Verschillende opties of maatregelen voor de vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies leiden tot kostenbesparingen, maar worden slechts in beperkte mate door de binnenvaart opgepakt. De implementatie van deze maatregelen wordt dus door bepaalde barrières beperkt. Deze barrières worden voor de zeevaart in studies geïdentificeerd (Faber, Behrends et al. 2011). De mogelijke barrières in het kader van de binnenvaart en de eventuele manieren om deze op te heffen worden hieronder beschreven.

Technologische barrières

Veel betrokken partijen, waaronder met name de scheepseigenaren, zijn niet met alle relevante technologieën bekend. De beperkte verspreiding van technologieën kan op de structuur van de Europese binnenvaart worden teruggevoerd. De Europese binnenvaartmarkt is bijzonder gefragmenteerd, hoewel de binnenvaart wegens het grote aandeel in het grensoverschrijdende verkeer ook sterk internationaal georiënteerd is.

Deze fragmentatie resulteert voornamelijk uit de bijzonder kleinschalige eigendomsstructuren in de binnenvaartvloot.

De scheepsbouw- en uitrustingsindustrie vertoont een soortgelijke fragmentatie. Ook taalbarrières in de Europese binnenvaart dragen bij tot de genoemde fragmentatie. De technologieën worden in een bepaald taalgebied ontwikkeld en ingevoerd, maar blijven in andere taalgebieden vaak onbekend.

Als er nieuwe technologie ontwikkeld is, zorgen de leveranciers vaak voor de verstrekking van informatie hierover; vaak ontbreekt het echter aan onafhankelijke en dus als betrouwbaar ervaren informatie over het nut van de technologie in de praktijk. De scheepseigenaren en financieringsinstellingen zouden om deze reden het risico van een investering wegens ontbrekende informatie groter kunnen inschatten dat het in werkelijkheid is.

Het is duidelijk dat technologische barrières in veel gevallen door een verbeterde transparantie weggenomen zouden kunnen worden. Dit zou in de praktijk bereikt kunnen worden door een gecentraliseerde verstrekking van relevante informatie in verschillende talen en door een gerichte ervaringsuitwisseling. Het zou bovendien wenselijk zijn een fabrikantonafhankelijke evaluatie van de voordelen van de technologieën tot stand te brengen, bijvoorbeeld door een rapportage inzake de ervaringen van de gebruikers of door een onderzoek dat aan onafhankelijke onderzoeksinstituten wordt toevertrouwd.

Institutionele hindernissen

Institutionele barrières treden op indien de personen, bedrijven of instellingen die de kosten voor de brandstofbesparende investeringen dragen of dit soort investeringen voorstellen, geen voordelen maar alleen nadelen hiervan ondervinden. Scheepswerven die brandstofbesparende technologieën voorstellen, kunnen bijvoorbeeld hun orderportefeuille zien afnemen aangezien de door hen aangeboden schepen duurder zijn en slechter verkocht worden in vergelijking met de schepen van werven die deze technologieën niet aanbieden. De scheepseigenaren die in brandstofbesparende technologieën investeren, kunnen hun winstmarges zien afnemen aangezien zij de besparingen aan brandstofkosten aan hun klanten moeten doorberekenen zonder dat de hogere investeringskosten echter door de verladers worden gehonoreerd. De schippers in vaste dienst hebben weinig belang bij een brandstofbesparende manier van varen, die enerzijds meer aandacht van hun kant vraagt – met eventueel langere vaartijden – en anderzijds alleen aan de scheepseigenaren ten goede komt. De waterwegbeheerders en de havens die investeren in een brandstofbesparende scheepvaart, hebben geen directe invloed op de overname van de door hen geboden mogelijkheden door de schippers.

Ook de institutionele barrières kunnen – hoewel misschien minder gemakkelijk als de andere – worden overwonnen, wat door de volgende twee voorbeelden wordt aangetoond. De indeling van de binnenschepen – analoog aan de indeling voor personenauto's of huizen – aan de hand van hun brandstofefficiëntie zou tot een stijging van de verkoopwaarde leiden van schepen die met brandstofbesparende technologieën zijn uitgerust, waardoor de scheepseigenaren – ook al is dit gedeeltelijk – hun investeringen kunnen terugverdienen. De uitkering van premies aan de schippers in vaste dienst in evenredigheid met de door hen bereikte brandstofbesparingen, zou deze schippers motiveren om een brandstofbesparende manier van varen aan te nemen.

Financiële barrières

De financiële barrières beperken de verstrekking van financiële middelen voor investeringen in brandstofbesparende technologieën. De betrokken beleidsmakers, scheepseigenaren en financieringsinstellingen schatten mogelijkserwijs de toekomstige brandstofkosten te laag in en nemen onvoldoende in overweging dat de brandstof voor de binnenvaart tijdens de levensduur van de schepen aanzienlijk duurder wordt, waardoor brandstofbesparende investeringen lonend worden. Deze constatering zou ook voor de vaarwegbeheerders en havens gemaakt kunnen worden.

Samenvattend kan worden geconstateerd dat inderdaad aanzienlijke barrières bestaan, die de implementatie van de maatregelen voor de reductie van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de weg staan. Tegelijk moet worden geconstateerd dat mogelijkheden bestaan om deze barrières weg te nemen. De betrokken partijen zouden samen deze barrières moeten identificeren en analyseren, om vervolgens mechanismen uit te werken om de barrières weg te nemen.

Dit zou voor de meeste barrières met geringe inspanningen mogelijk zijn, aangezien zowel de barrières als de mogelijke oplossingen grotendeels bekend zijn. Alleen de institutionele barrières schijnen een grotere inspanning te vragen.

17. Voorstellen voor aanvullende werkzaamheden

In dit hoofdstuk worden de vereisten voor verdere werkzaamheden die in het verslag worden aangegeven samengevat, met voorstellen voor concrete stappen aangevuld en beoordeeld: De CCR kan – met name gelet op haar momenteel zeer beperkte middelen – slechts een beperkt aantal van deze werkzaamheden actief ondersteunen. Zij zal zich daarom willen concentreren op werkzaamheden,

- voor welke zij over gegevens of kennis beschikt, die elders niet in die omvang of kwaliteit beschikbaar zijn,
- die dienen ter ontwikkeling van strategieën en aldus zinvol zijn voor de werkplanning van de CCR op middellange en lange termijn,
- die de noodzakelijke voorbereiding vormen van maatregelen van andere partijen, in het bijzonder de scheepvaartbranche, of van latere werkzaamheden van de CCR zelf.

Dienovereenkomstig volgen onderstaand de werkzaamheden, waar de CCR niet of slechts zijdelings aan kan deelnemen.

In het kader van de beoordeling wordt tevens een ruwe schatting gemaakt van de totale inspanningen van de bij de voorgestelde werkzaamheden betrokken personen. Deze worden gesplitst in de categorieën gering, middelgroot en groot. Geringe inspanning houdt in dat slechts enkele personen bij de werkzaamheden betrokken zijn en dezen slechts enkele werkdagen voor het afronden van de werkzaamheden nodig hebben. Grote inspanning houdt in dat complexe wijzigingen van verordeningen of vergelijkbare werkzaamheden noodzakelijk zijn.

Geen van de voorgestelde verdere werkzaamheden omvat significante investeringen. Ook uit de voorgestelde regelgevende maatregelen vloeit geen dwingende noodzaak tot investeringen voort. Veeleer bieden de voorgestelde maatregelen scheepseigenaren keuzemogelijkheden die momenteel nog niet bestaan. In principe kunnen deze maatregelen zelfs bijdragen aan een kostenvermindering voor de scheepvaartbranche.

De onderstaande voorstellen kunnen op verschillende manieren worden gebruikt. Zij kunnen

- dienen als uitgangspunt voor een bredere discussie tussen betrokken partijen, met name de binnenvaart en de scheepsbouwindustrie,

- gebruikt worden voor de ontwikkeling van een strategie van de CCR voor een vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de binnenvaart,
- een onderdeel vormen van het werkprogramma van de CCR.

17.1 Voorstellen voor aanvullende werkzaamheden waarvoor de CCR een geschikt forum zou bieden

A. Aanvullend verslag inzake de passagiersvaart

Inhoud	Aanvulling van dit verslag met specifieke gegevens voor de passagiersvaart
Positief effect	Realisatie van een grondslag voor de informatie van alle betrokken partijen en verdere werkzaamheden
Inspanning	Middelgrote inspanning vanwege het feit dat de enkele aanvulling van dit verslag wordt beoogd
Risico's	Onnauwkeurigheden van noodzakelijke ramingen; eventueel ontbrekende informatie van de scheepvaartbranche
Procedure	Vorbereiding door het secretariaat van de CCR, afronding met de scheepvaartbranche
Coördinatie	CCR (secretariaat)
Evt. partners	EBU, ESO (ondernemingen uit de scheepvaartbranche), CESA

B. Aanvullend verslag over de Rijnvaart

Inhoud	Beschrijving van de bijzondere kenmerken van de Rijnvaart in het licht van de vermindering van het brandstofverbruik en van de broeikasgasemissies
Doel	Tot stand brengen van een basis voor de doelgerichte informatie van de CCR en haar delegaties
Inspanning	Aangezien het alleen gaat om een aanvulling van het onderhavige verslag zonder dat er extra gegevens bijeengebracht moeten worden, is de werklust beperkt.
Risico's	geen
Werkwijze	Opstelling door de CCR (secretariaat)

C. Bepaling van de carbon footprint door de binnenvaart

Inhoud	Bepaling van de broeikasgasemissies van de Rijn- en Europese binnenvaart, zowel in absolute cijfers als gerelateerd aan de vervoersprestatie (tkm).
Positief effect	Totstandkoming van een afgestemde basis voor een groot aantal werkzaamheden en daardoor minimalisering van onzekerheden, met name ten aanzien van <ul style="list-style-type: none"> - politieke doelstellingen, - de berekening van emissies, - vrijwillige of verplichte informatie van de scheepvaartbranche met betrekking tot haar broeikasgasuitstoot, - rapportageverplichting van de landen conform het Kyoto-protocol; Verificatie van het "groene" imago van de binnenvaart
Inspanning	Middelgrote inspanning vanwege bekende en relatief eenvoudige methodiek en reeds gedeeltelijk beschikbare statistische gegevens afkomstig uit de marktobservatie
Risico's	Onnauwkeurigheden van noodzakelijke ramingen; eventueel ontbrekende informatie van de scheepvaartbranche over het daadwerkelijke brandstofverbruik
Procedure	Vorbereiding door het secretariaat van de CCR, afronding in samenspraak met de scheepvaartbranche
Coördinatie	CCR (secretariaat)
Evt. partners	Europese Commissie, Europese Binnenvaart Unie (EBU), ESO (ondernemingen uit de scheepvaartbranche), VBW, INE

D. Bepaling van het brandstofverbruik door gebruikmaking van de gegevens van het "Verdrag inzake de verzameling, afgifte en inname van afval in de Rijn- en binnenvaart" (CDNI)

Inhoud	Bepaling van het brandstofverbruik van de binnenvaartschepen door gebruik te maken van de gegevens van het CDNI, zowel in absolute cijfers, voor zover mogelijk, als gerelateerd aan de vervoersprestatie (tkm).
Positief effect	Een goed inzicht in het brandstofverbruik van de schepen maakt het mogelijk de uitstoot van schadelijke stoffen en broeikasgassen in de binnenvaart in absolute cijfers te berekenen en aan de hand daarvan de emissiefactoren af te leiden.
Inspanning	Relatief geringe inspanning vanwege waarschijnlijk eenvoudige methodiek voor zover het om het brandstofverbruik gaat; correlatie met de vervoersprestatie levert meer werk op
Risico's	Onnauwkeurigheden vanwege definitieproblemen en vanwege de eventueel noodzakelijke ramingen; eventueel zal het niet mogelijk zijn een verband met de vervoersprestatie te leggen
Procedure	Vorbereiding door het secretariaat van de CCR, afronding in samenspraak met de organen van het CDNI, met benutting van verschillende instrumenten van het CDNI en eventueel ook overleg met de scheepvaartbranche
Coördinatie	CCR (secretariaat)
Evt. partners	Organen van het CDNI, EBU, ESO (ondernemingen uit de scheepvaartbranche),

E. Aanpassing van de technische voorschriften voor binnenschepen gelet op de toelating van alternatieve energiedragers (brandstoffen)

Inhoud	Aanpassing van de technische voorschriften voor binnenschepen met het oog op de toelating van alternatieve energiedragers (brandstoffen)
Positief effect	Het gebruik van andere energiedragers (brandstoffen) dan gasolie door de scheepvaartondernemingen mogelijk maken
Inspanning	Hoge inspanning vanwege omvangrijke wijzigingen van de technische voorschriften voor binnenschepen
Risico's	Bepaalde alternatieve energiedragers (LNG, waterstof) hebben groter gevarenpotentieel dan gasolie
Procedure	Uitwerking van voorstellen op basis van een brandstofstrategie tot wijziging van het ROSR en van Richtlijn 2006/87/EG; opstelling van aanbevelingen voor tests / uitzonderingen; in eerste instantie wijzigingen van de voorschriften voor elektrische installaties incl. aandrijvingen, vervolgens voor toelating van LNG, etc.
Coördinatie	CCR (Werkgroep Reglement van onderzoek)
Evt. partners	Europese Commissie, EBU, ESO, CESA, Euromot

F. Algemene evaluatie van een bindende invoering van de Energy Efficiency Design Index (EEDI) voor de binnenvaart

Inhoud	Algemene evaluatie van een bindende invoering van de Energy Efficiency Design Index (EEDI) voor de binnenvaart of een andere energieclassificatie
Positief effect	Bindende basis om te kunnen vaststellen, of het ontwerp van een nieuw schip vanuit energetische gezichtspunten gunstig is; geeft scheepseigenaren de mogelijkheid van benchmarking
Inspanning	De Energy Efficiency Design Index (EEDI) is reeds als "CO ₂ -design-index" voor de zeevaart ontwikkeld en door de IMO in juli dit jaar als verplichte maatregel ter vermindering van de CO ₂ -emissies in de zeevaart aangenomen; deze zou in principe ook voor de binnenvaart gehanteerd kunnen worden; omdat alleen de geschiktheid hoeft te worden beoordeeld, zijn de inspanningen gering
Risico's	Geen risico, aangezien in eerste instantie alleen de geschiktheid wordt beoordeeld
Procedure	Hearing van de classificatiebureaus die een bepalende rol bij de ontwikkeling van de index gespeeld hebben en deze toepassen, scheepswerven en scheepseigenaren; vervolgens uitwerking van een voorstel voor een principebesluit en de mogelijke verdere procedure (Invoering van een classificatie na een eventuele positieve beslissing)
Coördinatie	CCR (Werkgroep Reglement van onderzoek)
Evt. partners	Europese Commissie, EBU, ESO, IACS, CESA

G. Algemene evaluatie van een bindende standaard van de Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) voor de binnenvaart

Inhoud	Algemene evaluatie van een bindende standaard van de Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) voor de binnenvaart
Positief effect	Betrouwbare basis om te kunnen vaststellen, of een schip energie-efficiënt wordt ingezet; biedt scheepseigenaren de mogelijkheid van benchmarking
Inspanning	Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI) is reeds voor de zeevaart ontwikkeld en voorlopige richtlijnen hiervoor zijn reeds door de IMO ingesteld; deze zou in principe ook voor de binnenvaart kunnen worden toegepast; omdat alleen de geschiktheid hoeft te worden beoordeeld, zijn de inspanningen gering
Risicos	Geen risico, aangezien in eerste instantie alleen de geschiktheid wordt beoordeeld
Procedure	Hearing van de classificatiebureaus die een bepalende rol bij de ontwikkeling van de index gespeeld hebben en deze toepassen, scheepswerven en scheepseigenaren; vervolgens uitwerking van een voorstel voor een principebesluit en de mogelijke verdere procedure (Invoering van de standaard na een eventuele positieve beslissing)
Coördinatie	CCR (Werkgroep Reglement van onderzoek)
Evt. partners	Europese Commissie, EBU, ESO, IACS, CESA

H. Algemene evaluatie van belangrijke aanvullende maatregelen die de CCR ter vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies van binnenschepen zou kunnen nemen

Inhoud	Algemene evaluatie van belangrijke aanvullende maatregelen die de CCR ter vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies van binnenschepen kan nemen
Positief effect	Naast de reeds afzonderlijk genoemde maatregelen zijn mogelijke verdere maatregelen bekend of denkbaar; daaronder vallen ook maatregelen die niet alleen de emissies van CO ₂ , maar ook die van schadelijke stoffen verminderen, hetgeen een belangrijke doelstelling van de CCR is
Inspanning	Afhankelijk van het aantal te beoordelen maatregelen; middelgrote inspanningen, aangezien slechts een algemene evaluatie te verwachten valt
Risicos	Geen significante risicos
Procedure	Voorselectie door secretariaat van de CCR, uitwerking in samenspraak met de betreffende bedrijfsorganisaties
Coördinatie	CCR (Werkgroep Reglement van onderzoek)
Evt. partners	EBU, ESO, CESA, Euromot, IACS

I. Uitwerking van scenario's voor de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart

Inhoud	Uitwerking van scenario's voor de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart,
Positief effect	De scenario's vormen een belangrijk instrument voor de ontwikkeling van klimaatbeschermingsdoelen en van strategieën, bijv. ten aanzien van toekomstige brandstoffen en programma's voor een klimaatvriendelijke binnenvaart
Inspanningen	Afhankelijk van de detailleringsgraad en het aantal scenario's; relatief geringe inspanningen, wanneer het beschikbare calculatiemodel wordt gebruikt of gedeeltelijk wordt aangepast
Risico's	Onnauwkeurigheden in de benodigde ramingen
Procedure	Vorbereiding door het secretariaat van de CCR, afronding in samenspraak met de scheepvaartbranche
Coördinatie	CCR (secretariaat)
Evt. partners	Europese Commissie, EBU, ESO (ondernemingen uit de scheepvaartbranche), CESA, INE

J. Verstrekking van relevante informatie voor de binnenvaartsector

Inhoud	Gebruiksvriendelijke verstrekking van uitgebreide relevante informatie over de belangrijkste aspecten en reductie van de broeikasgasemissies van de binnenvaart
Positief effect	Opheffing van een belangrijke barrière, die de implementatie van maatregelen door het scheepvaartbedrijfsleven en andere verhindert
Inspanningen	Geringe inspanning vanwege de uitgebreide voorbereidende werkzaamheden
Risico's	Onvoldoend draagvlak voor het informatie-instrument
Procedure	Uitgave van een veeltalige brochure; instelling van een veeltalige website als informatieplatform; inrichting van een gebruiksvriendelijke en veeltalige databank voor de operationele en scheepstechnische mogelijkheden voor de reductie van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies
Coördinatie	CCR (secretariaat)
Evt. partners	EBU, ESO, CESA, Euromot, IACS, INE, Europese Commissie

17.2 Voorstellen voor aanvullende werkzaamheden onder auspiciën van de CCR of andere instanties

K. Ontwikkeling van kwantitatieve doelstellingen ter vermindering van de broeikasgasemissies in de binnenvaart

Inhoud	Ontwikkeling van kwantitatieve doelstellingen ter vermindering van de broeikasgasemissies in de binnenvaart
Positief effect	Uitlijning van de economische, technische en andere processen; totstandkoming van een afgestemde basis voor andere werkzaamheden, bijv. ten aanzien van de technische voorschriften voor binnenschepen, en daardoor minimalisering van onzekerheden; bijdrage aan het behoud van het "groene" imago van de binnenvaart
Inspanning	Inspanningen relatief gering vanwege het substantiële voorbereidende werk (OESO, Europese Commissie, INE/EBU/ESO, voorliggend verslag)
Risico's	Bepaalde kennis omtrent de marktontwikkeling op middellange en lange termijn en de economische ontwikkelingen in hun totaliteit; mogelijke afwijkende nationale doelstellingen
Procedure	Doelstelling van de Europese Commissie en de scheepvaartbranche beoordelen en concretiseren; uitwerking van een gezamenlijk voorstel
Coördinatie	CCR of Europese Commissie
Evt. partners	Europese Commissie, EBU, ESO, INE

L. Uitwerking van een vervoermiddel- en grensoverschrijdende strategie voor de toekomstige energiedragers (brandstoffen) of in plaats daarvan van een brandstofstrategie voor de binnenvaart.

Inhoud	Uitwerking van een strategie voor de toekomstige energiedragers (brandstoffen in de binnenvaart) met het oog op vermindering van de broeikasgasemissies en de energiezuikerheid
Positief effect	Uitlijning van de economische, technische en andere processen; totstandkoming van een afgestemde basis voor andere werkzaamheden, bijv. ten aanzien van de technische voorschriften voor binnenschepen, en daardoor minimalisering van onzekerheden; bijdrage aan het behoud van het "groene" imago van de binnenvaart
Inspanning	Inspanningen relatief gering vanwege het substantiële voorbereidend werk (Europese Commissie, industrieorganisaties, voorliggend verslag)
Risico's	Bepaalde kennis omtrent de marktontwikkeling op middellange en lange termijn en de economische ontwikkelingen in hun totaliteit; mogelijke afwijkende nationale doelstellingen
Procedure	Na voorlegging van de aangekondigde strategie van de Europese Commissie en de lidstaten, beoordeling en – indien nodig – afstemming van deze strategie op de behoeften van de binnenvaart
Coördinatie	Europese Commissie, subsidiair CCR
Evt. partners	Europese Commissie, EBU, ESO, CESA, Euromot, CONCAWE/EUROPIA, INE

M. Invoering in heel Europa van een uniforme milieukeur voor de binnenvaart

Inhoud	Invoering in heel Europa van een uniforme milieukeur voor de binnenvaart, identiek of analoog aan de in Nederland bekende Green Award
Positief effect	Bevordering van de implementatie van maatregelen door het scheepvaartbedrijfsleven voor de reductie van de broeikasgasemissies en de milieubescherming
Inspanningen	Geringe inspanning voor de uitwerking van de milieukeur vanwege de reeds uitgebreide voorbereidende werkzaamheden en bestaande ervaringen; geringe inspanning voor individuele gebruikers; totale hoge inspanning voor de uniforme invoering vanwege het potentieel grote aantal betrokkenen
Risicos	Gering draagvlak door de instanties die schepen met een milieukeur zouden kunnen erkennen, zoals havens, verladers, financieringsinstellingen
Procedure	Principiële overname van de Nederlandse Green Award Systems door overeenkomstige instellingen in andere landen of inrichting van een grensoverschrijdend systeem; internationale standaardisering (beoordelingscriteria enz.) door CCR mogelijk
Coördinatie	INE, VBW, (CCR – voor zover geen andere instelling gevonden kan worden)
Evt. partners	EBU, ESO, EFIP, nationale waterwegadministraties

N. Ondersteuning van een invoering in heel Europa van een promotieprogramma voor de energiebesparende exploitatie van binnenschepen (VoortVarend Besparen)

Inhoud	Invoering in heel Europa van een promotieprogramma voor de energiebesparende exploitatie van binnenschepen, identiek of analoog aan het in Nederland bekende programma VoortVarend Besparen
Positief effect	Bevordering van de energiebesparende exploitatie van binnenschepen als centraal element voor de reductie van de broeikasgasemissies en de milieubescherming
Inspanningen	Middelgrote inspanning voor de uitwerking van het programma vanwege de reeds uitgebreide voorbereidende werkzaamheden en bestaande ervaringen enerzijds, echter pakket van verschillende maatregelen anderzijds; geringe inspanning voor individuele gebruikers; grote inspanning voor de invoering op nationaal niveau
Risicos	Gering draagvlak in het scheepvaartbedrijfsleven; Nederlandse ervaringen laten echter een groot draagvlak verwachten
Procedure	Principiële overname van het Nederlandse programma door overeenkomstige instellingen in andere landen of inrichting van een grensoverschrijdend programma; Uitwisseling van informatie en ervaringen voor nationale instellingen mogelijk via CCR
Coördinatie	Staten, INE (subsidiar CCR – voor zover internationaal programma gewenst)
Evt. partners	EBU, ESO, nationale administraties

17.3 Voorstellen voor aanvullende werkzaamheden zonder of slechts met geringe participatie van de CCR

O. Ontwikkeling van maatregelen aan waterwegen en havens ter vermindering van de broeikasgasemissies in de binnenvaart

Inhoud	Ontwikkeling van maatregelen ter vermindering van de broeikasgasemissies van de binnenvaart die niet gerelateerd zijn aan de bouw, uitrusting en exploitatie van schepen
Positief effect	Vermindering van de broeikasgasemissies van het totale systeem
Inspanning	Afhankelijk van de detailleringsgraad; inspanning middelhoog tot hoog
Risico's	Beperkte mogelijkheid tot veralgemenisering van de voorgestelde maatregelen en/of presentatie van het verminderingspotentieel
Procedure	Mandaatuitbreiding van de bestaande PIANC Permanent Task Group on Climate Change
Coördinatie	PIANC
Evt. partners	EFIP, EBU, ESO, VBW, nationale waterwegbeheerders

P. Ontwikkeling van kwaliteitsstandaards voor de toekomstige energiedragers (brandstoffen) in de binnenvaart

Inhoud	Ontwikkeling van kwaliteitsstandaards voor de toekomstige energiedragers (brandstoffen) in de binnenvaart
Positief effect	Voorwaarde voor een veilig bedrijf van de scheepsmotoren en in het bijzonder van complexe uitlaatgasbehandelingsinstallaties bij gebruik van de betreffende energiedragers (brandstoffen)
Inspanning	Geringe tot middelhoge inspanning voor afzonderlijke energiedragers (brandstoffen), aangezien standaards van andere economiesectoren op zijn minst gedeeltelijk kunnen worden overgenomen; hoge effort voor het totaal van alle energiedragers
Risico's	Bemoeilijkte consensus wegens het grote aantal betrokken partijen met deels uiteenlopende belangen
Procedure	Per afzonderlijke energiedrager (brandstof) stapsgewijs
Coördinatie	Industrie of Europese Commissie; hoogstens initiatie of moderatie van de werkzaamheden door de CCR
Evt. partners	Europese Commissie, EBU, ESO, CESA, Euromot, CONCAWE/EUROPIA

Q. Onderzoek van het CO₂-verminderingspotentieel bij gebruik van LNG en andere alternatieve energiedragers (brandstoffen) in de binnenvaart

Inhoud	Onderzoek naar het CO ₂ -verminderingspotentieel bij het gebruik van LNG en andere alternatieve energiedragers (brandstoffen) in de binnenvaart
Positief effect	Concentratie op energiedragers (brandstoffen) die daadwerkelijk noemenswaardig tot een vermindering van de CO ₂ -emissies van de binnenvaart kunnen bijdragen; vermijding van contraproductieve ontwikkelingen
Inspanning	Inspanning voor afzonderlijke energiedragers (brandstoffen) gering tot middelgroot, aangezien studies van andere vervoerssectoren op zijn minst gedeeltelijk kunnen worden overgenomen; grote inspanning voor het totaal van alle energiedragers
Risico's	Bemoeilijkte consensus wegens het grote aantal betrokken partijen met deels uiteenlopende belangen
Procedure	Per afzonderlijke energiedrager (brandstof) stapsgewijs
Coördinatie	Europese Commissie, lidstaten; CCR zou hoogstens onderzoeken die in opdracht van de Europese Commissie, de lidstaten en de industrie worden uitgevoerd, kunnen samenstellen (observatiepunt van het CCR-secretariaat)
Evt. partners	Onderzoeksinstituten

R. Verder onderzoek naar scheepstechnische maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies van binnenschepen

Inhoud	Verder onderzoek naar scheepstechnische maatregelen, de scheepsaandrijving inbegrepen, ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies van binnenschepen, in het bijzonder ten aanzien van hun implementatie
Positief effect	Vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies van de binnenvaart
Inspanning	Per afzonderlijke maatregel verschillend; grote inspanningen in het bijzonder voor onderzoek naar aandrijvingsystemen voor alternatieve energiedragers
Risico's	Onderzoek van maatregelen met een geringe kans op toepassing in de praktijk
Procedure	Per afzonderlijke maatregel stapsgewijs
Coördinatie	Europese Commissie, lidstaten; CCR zou hoogstens onderzoeken die in opdracht van de Europese Commissie, de lidstaten en de industrie worden uitgevoerd, kunnen samenstellen (observatiepunt van het CCR-secretariaat)
Evt. partners	Onderzoeksinstituten

S. Verder onderzoek naar operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies van binnenschepen

Inhoud	Verder onderzoek naar bedrijfsoperationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies van binnenschepen, in het bijzonder ten aanzien van hun implementatie
Positief effect	Vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies van de binnenvaart
Inspanning	Per maatregel verschillend; inspanningen al met al gering tot middelgroot
Risicos	Onderzoek van maatregelen met een geringe kans op toepassing in de praktijk
Procedure	Per afzonderlijke maatregel stapsgewijs
Coördinatie	Europese Commissie, lidstaten; CCR zou hoogstens onderzoeken die in opdracht van de Europese Commissie, de lidstaten en de industrie worden uitgevoerd, kunnen samenstellen (observatiepunt van het CCR-secretariaat)
Evt. partners	Onderzoeksinstituten

T. Bepaling van de brandstofreductie op grond van het toenemende gemiddelde laadvermogen van de binnenvaartschepen

Inhoud	Bepaling van de reductie van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de Rijn- en Europese binnenvaart als gevolg van het toenemende, gemiddelde laadvermogen van de binnenvaartschepen, in absolute cijfers maar ook in verbinding met de vervoersprestatie (tkm)
Positief effect	De toename van het gemiddelde laadvermogen (omvang) is een belangrijke ontwikkeling voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies in de binnenvaart en daardoor van cruciaal belang om het brandstofverbruik en de CO ₂ -emissies in de binnenvaart terug te kunnen dringen; een beter inzicht komt de politieke doeleinden ten goede
Inspanning	Relatief weinig werk aangezien de methodiek vrij eenvoudig zal zijn en ook de statistische gegevens in het kader van de marktobservatie gedeeltelijk al beschikbaar zijn
Risico's	Onnauwkeurigheden in de vereiste ramingen; eventueel ontbrekende gegevens van de kant van het scheepvaartbedrijfsleven met betrekking tot de reële vlootontwikkeling
Procedure	Initiëring door nationale overheden
Coördinatie	Nationale overheden
Evtl. partners	EBU, ESO (scheepvaartondernemingen), VBW

Broeikasgasemissies (BKG-emissies) van de binnenvaart – emissies die geen verband met de scheepsexploitatie houden

Kennislacunes voor bepaalde aspecten van de BKG-emissies van de binnenvaart

Het onderzoeksproject van de EU “*EU Transport GHG: Routes to 2050 II*”²⁸ betreft – onder andere – de BKG-emissies van de binnenvaart die geen rechtstreeks verband met de exploitatie houden. Het onderzoek toont enorme kennislacunes voor deze emissies aan.

Omvang van de mogelijke activiteit

De activiteit heeft tot doel voldoende kennis en geschikte instrumenten te ontwikkelen om de BKG-emissies van het totale binnenvaartsysteem te kunnen bepalen. Deze instrumenten zouden een raming van de BKG-emissies voor alle fasen van de levenscyclussen van de waterwegen, binnenhavens / terminals en schepen mogelijk moeten maken.

De mogelijke omvang van de activiteit, de verschillende taken en de belangrijkste partijen worden in de volgende tabel weergegeven.

		Bouw	Exploitatie	Onderhoud	Sluiting / uitbedrijfneming
		1	2	3	4
Waterwegen	A	Waterwegbeheerders	Waterwegbeheerders	Waterwegbeheerders	Waterwegbeheerders
Havens / terminals	B	Waterwegbeheerders, havenbeheerders / exploitanten	Havenexploitanten	Havenbeheerders / exploitanten, waterwegbeheerders	Waterwegbeheerders, havenbeheerders / exploitanten
Schepen	C	Scheepsbouwers	Scheepseigenaren	Scheepsbouwers / scheepseigenaren	Scheepsbouwers

Met betrekking tot de waterwegen hoeft het watermanagement dat geen verband met de scheepvaart houdt niet bij de voorgenomen activiteit betrokken te worden. Voor de PIANC kan het van belang zijn om ook de pleziervaart hierin mee te nemen. Deze sector is inderdaad van het onderzoeksproject van de EU uitgesloten, aangezien dit tot het vervoer beperkt is.

Voor de havens / terminals moeten alleen de activiteiten aan de waterkant in overweging genomen worden, zoals het laden en lossen van schepen, inclusief de vereiste infrastructuur en uitrusting. (Alle andere havenactiviteiten komen voor rekening van het spoor of het wegverkeer en gescheiden logistieke activiteiten.)

De leden van de PIANC komen het meest in aanmerking om de benodigde kennis te genereren voor de taken die verband met de waterwegen houden. Voor alle andere taken zou de PIANC sterk afhankelijk zijn van bijdragen uit de betrokken branche (organisaties).

²⁸ www.eustransportghg2050.eu

De omvang van activiteit is aanzienlijk en het is dan ook nodig prioriteiten vast te leggen. De tabel geeft de prioriteiten voor de verschillende taken. De prioriteiten worden aan elke taak toegewezen overeenkomstig het aangenomen aandeel in de totale BKG-emissies van de binnenvaart.

Prioriteit		Taak
Hoog	I	A2, A3, B2, B3, C2
Gemiddeld	II	A1, B1, C1,
Laag	III	A4, B4, C3, C4

Structuur van de mogelijke activiteit van de PIANC

Gezien de grote omvang van de activiteit, schijnt het zinvol te zijn werkpakketten samen te stellen, waarbij de verschillende partijen en eerder vermelde prioriteiten in overweging genomen moeten worden.

WP1.1: A2+A3, WP1.2: B2+B3; WP2.1: A1+A4, WP2.2: B1+B4, WP2.3: C1+C3+C4

De emissies door de exploitatie van binnenschepen vereisen geen werkpakket, aangezien deze taak reeds door dit verslag van de CCR wordt gedekt.

De activiteit zou een kwantificering voor elke taak vereisen. Het ligt voor de hand de schepen naar type en afmetingen in te delen. Voor de waterwegen en de havens / terminals zouden analoge categorieën ontwikkeld moeten worden.

Input en output

Het lijkt onwaarschijnlijk dat een deductieve benadering kan worden gevonden om de benodigde kennis te genereren, die eerder verworven zal moeten worden via de inzameling van reële gegevens over de BKG-emissies en het energieverbruik. Het zal tevens nodig zijn informatie over de energie- of carbonintensiteit voor de productie van bouwmaterialen te krijgen.

Het is – althans momenteel – nog niet mogelijk exacte cijfers voor de BKG-emissies door het vervoer te genereren. Dit geldt ook voor de binnenvaart. Bovendien produceert de binnenvaart in absolute cijfers veel minder BKG-emissies dan de weg of het spoor. De gewenste output van de activiteit is om deze reden eerder de verwerving van voldoende kennis om gefundeerde schattingen van de emissies te kunnen maken, dan de realisatie van exacte berekeningen.

De exploitatie van de schepen zal naar verwachting de belangrijkste bron van BKG-emissies in de binnenvaart zijn. De activiteit zou de omvang van de BKG-emissies van de andere taken in vergelijking met de BKG-emissies van de scheepsexploitatie moeten vaststellen. De andere taken waarvoor kan worden aangetoond dat de BKG-emissies slechts enkele procentpunten bedragen, hoeven niet diepgaand onderzocht te worden.

De vaststelling van emissiecoëfficiënten of -intensiteit, zoals grammen CO₂ per tonkilometer, zou idealiter één van de belangrijkste resultaten van de activiteit moeten zijn. Dit zou inderdaad een algemene en eenvoudige toepassing van de werkresultaten mogelijk maken. De waarden van deze coëfficiënten zouden in de vorm van een bandbreedte van waarschijnlijke waarden moeten worden gegeven, aangezien exacte waarden noch mogelijk, noch werkelijk nodig zijn.

De ontwikkeling van de emissiecoëfficiënten vereist een gefundeerde kennis van de factoren die de BKG-emissies voor elke taak bepalen. De verwerving van deze kennis en de beschrijving hiervan op een begrijpelijke manier voor de beslissers in alle sectoren van de binnenvaart, inclusief de bedrijfsmanagers en beleidsvormers, zullen de andere belangrijke output van de activiteit zijn.

Doelstellingen van de lidstaten van de CCR voor de vermindering van de antropogene broeikasgasemissies

Tabel 4: Doelstellingen van de lidstaten van de CCR voor de vermindering van de antropogene broeikasgasemissies voor alle sectoren en voor het vervoer

Land	Doelstellingen klimaatbescherming		Bronnen
	Alle sectoren	Vervoer	
België	Doelstelling buiten het Emissions Trading System: reductie van 15% broeikasgassen in 2020 t.o.v. 2005 (met lineair reductiepad)	Nog in voorbereiding	EU beslissing (Effort Sharing Decision)
Duitsland	Daling van de broeikasgasemissies voor 2020 met 40%, voor 2030 met 55%, voor 2040 met 70% en voor 2050 met 80 tot 95% (telkens ten opzichte van 1990)	Daling van het eindenergieverbruik voor 2020 met circa 10% en voor 2050 met circa 40% (tegenover 2005)	Energieconcept voor een milieuvriendelijke, betrouwbare en betaalbare energievoorzorging (BMW 2010)
Frankrijk	Daling van de broeikasgasemissies voor 2020 met 23% en voor 2050 met 75% (ten opzichte van de waarden van 1990)	Terugkeer naar het emissieniveau van broeikasgassen van 1990 in het toekomstbeeld van 2020 (na een stijging van 19% tussen 1990 en 2004), verdere daling van 65% in het toekomstbeeld van 2050.	Plan klimaat Frankrijk, actualisering 2011 Beleid klimaat en energie-efficiëntie. Synthese van de verplichtingen en resultaten van Frankrijk, 2011.
Nederland	Daling van de broeikasgasemissies voor 2020 met 20% (t.o.v. 1990). Voor 2030 een voorwaardelijke doelstelling van -40%.	De 20% reductie-doelstelling overall kan worden vertaald naar een uitstoot van max. 35,5 mln. ton in 2020. Nog geen sectorale doelstelling voor 2030. Voor 2050 wordt uitgegaan van -60%.	Kabinetsaanpak klimaatbeleid op weg naar 2020 (juni 2011). Klimaatbrief 2050 (18 november 2011).
Zwitserland	Daling van de broeikasgasemissies voor 2020 met 20% (ten opzichte van 1990)	Sectorale doelstellingen worden in het kader van het uitvoeringsreglement vastgelegd, dat in mei 2012 wordt gepubliceerd Sectorale doelstellingen kunnen pas worden aangegeven indien het reglement door de Bondsraad is aangenomen	Federale wet inzake de reductie van de CO ₂ -emissies (CO ₂ -wet van 23 december 2011)

Bepaling van de carbon footprint en specifieke CO₂-emissies (CO₂-intensiteit) van de binnenvaart

De CO₂-intensiteit van een vervoermiddel kan door de CO₂-emissies in verhouding tot de vervoersprestatie, hoofdzakelijk in g/tkm, maar bijvoorbeeld ook in g/TEUkm, worden weergegeven. Vaak wordt deze verhouding ook als CO₂-emissiefactor aangeduid. De CO₂-emissies resulteren uit de verbranding van gasolie; de in de binnenvaart praktisch zonder uitzondering gebruikte brandstoffen. De chemische processen die zich bij de verbranding afspelen, resulteren in een constante verhouding tussen de hoeveelheid verbrande brandstof en de voortgebrachte CO₂-emissies. Deze verhouding staat dan ook in feite los van de ouderdom van de motor of het motorfabricaat.

Als basis voor de bepaling van de CO₂-intensiteit wordt dus uitgegaan van het brandstofverbruik van een schip of vloot in functie van de geleverde vervoersprestatie.

De in **tabel 5** genoemde onderzoeken en methodes gebruiken **voor de bepaling van de CO₂-intensiteit een theoretisch uitgangspunt**. Op grond van één of meer parameters wordt het gemiddelde energieverbruik voor bepaalde schepen of een hele vloot bepaald en dan gerelateerd aan de vervoersprestaties die deze schepen of vloten (kunnen) realiseren.

Tabel 5: Overzicht van onderzoeken waarin de waarden van de CO₂-intensiteit (CO₂-emissiefactoren) voor de binnenvaart bepaald worden

Onderzoek/methode	Datum v/d publicatie	Aanvullende informatie	Meetling voorgeschakelde keten
INFRAS; <i>External Costs of Transport, Update Study</i> (Schreyer, Schneider et al. 2004)	2004	Onbetrouwbare gegevens; verregaande vereenvoudiging	Ja
Haskoning; Schilperoord, H.A., <i>Binnenvaart voortdurend duurzaam – Environmental Performance of Inland Shipping</i> (Schilperoord 2004)	2004	Verskillende emissiefactoren voor verschillende scheepstypen (afmetingen van schepen) en vervoersopgaven	Nee
ADEME/VNF; <i>Etude sur le niveau de consommation de carburant des unites fluviales francaises</i> (ADEME 2006)	2006	Bepaling van het brandstofverbruik aan de hand van ondervraging van schippers / rederijen	Nee
PLANCO; <i>Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Bahn und Wasserstraße</i> (PLANCO 2007)	2007	Verskillende emissiefactoren voor diverse scheepstypen (afmetingen van schepen) en uiteenlopende transporten	Ja
DST; <i>Strömungstechnische Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von Binnenschiffen</i> (Zöllner 2009)	2009	Verskillende emissiefactoren voor diverse scheepstypen (afmetingen van schepen) bij standaardrandvoorwaarden	Nee
TTI; <i>A Modal Comparison of Domestic Freight Transportation – Effects on the General Public</i> (Kruise 2009)	2009	Gemiddelde voor de binnenvaart in de VS; rekenmodel werd met daadwerkelijke vervoersprestaties en brandstofverbruik geverifieerd.	

Onderzoek/methode	Datum v/d publicatie	Aanvullende informatie	Meetling voorgeschakelde keten
Gent University ; <i>Improving the efficiency of small inland vessels</i> (Geerts, Verwerft et al. 2010)	2010	Gemiddelde voor 3 scheepsklassen; houdt rekening met verkeersprestatie voor verschillende waterwegklassen	Nee
IFEU/TREMOD ; <i>Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030</i> (TREMOD, Version 5) Endbericht (Knörr 2010)	2010	Ongedifferentieerde ruwe schatting	Ja
CEFIC ; <i>Measuring and Managing CO₂ Emissions of European Chemical Transport</i> ; Alan McKinnon, Maja Piecyk (McKinnon and Piecyk 2010)	2010	Uitgaande van emissiefactoren die door INFRAS, TRENDS, Tremove en IFEU werden gepubliceerd; slechts één gemiddelde waarde	Ja
Seine-Schelde Study ; <i>External and infrastructure costs of freight transport Paris-Amsterdam corridor</i> (Schroten, van Essen et al. 2010)	2010	Diverse emissiefactoren voor verschillende scheepstypen (scheepsafmetingen) en vervoersstromen; zeer gedifferentieerd; emissiegegevens komen grotendeels overeen STREAM	
EcoTransIT World ; <i>Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports; Methodology and Data</i> (IFEU 2010)	2010	Geringe differentiatie met betrekking tot scheepstypen en waterwegen	Ja
STREAM ; <i>STREAM International Freight 2011 – Comparison of various transport modes on a EU scale with the STREAM database</i> (den Boer, Otten et al. 2011)	2011	Verschillende emissiefactoren voor diverse scheepstypen (afmetingen van schepen) bij uiteenlopende transporten; zeer gedifferentieerd	Ja
Marco Polo ; <i>External cost calculator for Marco Polo freight transport project proposals</i> (Brons and Christidis 2011)	2011	Verschillende emissiefactoren voor drie afmetingenklassen (onafhankelijk van de scheepstypen) en een gemiddelde waarde	Ja
NEA ; <i>Medium and Long Term Perspectives of IWT in the European Union</i> (NEA, Planco et al. 2012)	2012	Emissiegegevens van Stream	Ja

In het kader van een hiermee verband houdend project werd het energieverbruik voor diverse typen binnenvaartschepen in functie van de snelheid en andere relevante parameters theoretisch berekend en dan met de reële verbruiksgegevens van een klein aantal schepen vergeleken (Georgakaki and Sorenson 2004). Als de desbetreffende parameters met inbegrip van de snelheid bekend zijn, kan met behulp van de gegevens uit dit project het energieverbruik worden berekend en in CO₂-emissies worden omgerekend. Dit onderzoek bevat echter geen CO₂-emissiefactoren.

Men zou kunnen verwachten dat de meest betrouwbare en ogenschijnlijk eenvoudigste **methode voor de bepaling van de CO₂-intensiteit** eruit bestaat **in de praktijk** het brandstofverbruik van een schip of een vloot te meten en de resultaten daarvan aan de door dit schip of deze vloot tijdens de onderzochte periode gerealiseerde vervoersprestatie te koppelen. In deze methode schuilen echter fundamentele problemen:

- Bij berekeningen voor een gehele vloot ontstaan vaak aanzienlijke afbakeningsproblemen met betrekking tot de kwantitatieve bepaling van het brandstofverbruik en eventueel ook met betrekking tot de geleverde vervoersprestatie. Dit is duidelijk gebleken uit verschillende onderzoeken (Dernier van der Gon and Hulskotte 2010; Knörr, Heidt et al. 2011), met dien verstande dat deze onderzoeken in het onderhavige verslag verder buiten beschouwing blijven.
- Als men uitgaat van de vloot in zijn totaliteit hebben de onderzoeksresultaten voor bepaalde vraagstellingen weinig zeggingskracht, bijvoorbeeld wanneer de vloten, hun exploitatievoorwaarden en/of vaargebieden zeer heterogeen zijn. Voor de bepaling van de carbon footprint van de binnenvaart in een land of regio hoeft dit echter geen probleem te zijn.
- Onderzoeken met weinig schepen zijn weinig representatief; daar staat tegenover dat onderzoeken met een groot aantal schepen met uiteenlopende exploitatievoorwaarden en/of verschillende vaargebieden veel tijd en middelen vergen.

Alleen in de studie van TTI wordt naar een onderzoek verwezen waarin het daadwerkelijke brandstofverbruik van een vloot en zijn vervoersprestatie in correlatie worden gebracht. PLANCO heeft zich eveneens gebaseerd op onderzoeken met afzonderlijke schepen. Daartoe heeft PLANCO de resultaten van verschillende onderzoeken over de beoogde prestatie van binnenschepen geanalyseerd en deze vervolgens wiskundig geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd. TTI en PLANCO gebruiken dus de resultaten van onderzoeken in de praktijk om de theoretische berekening van het brandstofverbruik en de daarmee samenhangende CO₂-intensiteit te verifiëren.

Wezenlijke parameters die bij de bepaling van de CO₂-intensiteit (en het mogelijke gebruik van de emissiefactoren) van de binnenvaart een rol spelen

Het **gemiddelde energieverbruik** van een binnenschip is afhankelijk van een groot aantal **parameters**. De belangrijkste parameters zijn:

- scheepstype of grootte van het schip,
- snelheid van het schip,
- benutting (beladingfactor) van het schip,
- aandeel onbeladen reizen,
- afmetingen van de bevaren waterwegen (in het bijzonder de diepte van de vaargeul),
- soort bevaren waterwegen (niet gereguleerde rivier, gereguleerde rivier, kanaal),
- bevaring stroomop- of afwaarts.

Dientengevolge zouden onderzoeken of methoden die deze parameters volledig of grotendeels in aanmerking nemen, in principe kwalitatief beter moeten zijn dan studies of methoden die minder parameters inzetten of voor deze parameters gemiddelde, niet geverifieerde waarden gebruiken om diepgaander onderzoek te vermijden.

Vooral bij de vaststelling van CO₂-emissies van containervervoer door binnenschepen tellen sommige onderzoeken bovendien het **energieverbruik bij de overslag** en de **aan- en/of afvoer** mee. Dit is echter uitsluitend zinvol indien de gevolgen van een modal-shift worden onderzocht of een vergelijking van vervoermiddelen wordt gemaakt, waarbij verzenders en ontvangers van goederen niet over een aansluiting op de waterweg beschikken. Als het erom gaat de carbon footprint van de binnenvaart te bepalen, is het nog maar de vraag of dan ook het energieverbruik van de overslag en de aan- en/of afvoer moeten worden meegeteld. In het onderhavige verslag worden deze activiteiten buiten beschouwing gelaten.

Sommige onderzoeken houden bij de berekening van de emissiefactoren ook nog rekening met de **energie die nodig is om de brandstof te produceren**. Aangezien bij de berekening van de carbon footprint van andere vervoermiddelen dit energieverbruik (voorafgaande schakels in de keten) vaak wordt meegeteld, wordt dit hier ook gedaan. Voor zover de onderzoeken geen rekening houden met dit energieverbruik, worden voor de emissies van de voorschakels 11,8 g CO₂ per MJ meegeteld (den Boer, Otten et al. 2011). In de nog niet gepubliceerde Europese norm EN 16258 ; 2013 wordt hiervoor een waarde van 15,9 g CO₂ per MJ genoemd. Het gaat het kader van dit verslag te buiten om de oorzaak voor het verschil tussen beide waarden te analyseren. Aangezien het verschil slechts om en nabij de 5% van de totale emissies (per MJ) bedraagt, mag gesteld worden dat deze onnauwkeurigheid voor het oogmerk van het verslag, maar ook voor de bepaling van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies van de Europese binnenvaart aanvaardbaar is.

Ook de ouderdom van de in de schepen ingebouwde motoren beïnvloedt de emissiefactor. Dat hangt samen met het feit dat oudere motoren voor het door de motor geleverde vermogen (voor de voortbeweging van het schip), uitgedrukt in kWh, meer brandstof dan nieuwere motoren gebruiken. Onderzoeken aan motoren die voor 1975 gebouwd werden, spreken van een specifiek brandstofverbruik van 235 g/kWh en voor motoren die na 2002 werden gefabriceerd, ligt dit bij 200 g/kWh. (Denier van der Gon and Hulskotte 2010; Knörr, Heidt et al. 2011). De reikwijdte van het specifieke brandstofverbruik is dus minder dan 20% van de absolute waarde, wat bij de keuze van een adequate gemiddelde waarde een onnauwkeurigheid van maximaal 10% zou kunnen opleveren. In het kader van dit verslag en voor de bepaling van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies van de Europese binnenvaart zou deze eventuele onnauwkeurigheid nog aanvaardbaar moeten zijn.

Gebruik van de in de onderzoeken en methoden genoemde waarden van de CO₂-intensiteit (emissiefactoren) van de binnenvaart

Het zou wenselijk zijn, in een soort metastudie, de methoden die door de in **tabel 5** vermelde onderzoeken en berekeningen voor de bepaling van de CO₂-intensiteit (emissiefactoren) van de binnenvaart worden gebruikt, in detail met elkaar te vergelijken om op grond daarvan waarden voor de CO₂-intensiteit van de binnenvaart vast te stellen. Dit is echter in het kader van dit CCR-verslag, dat gaat over de mogelijkheden het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart te verminderen, slechts beperkt mogelijk.

Alleen al door de onderzoeken en methoden met elkaar te vergelijken, blijkt dat er grote verschillen zijn in de manier waarop de verschillende parameters worden ingezet. Bepaalde onderzoeken en benaderingen tenderen ertoe slechts van een beperkt aantal parameters uit te gaan. Verder worden vaak voor de ingezette parameters sterk vereenvoudigde of generaliserende hypothesen opgesteld, zonder dat er aan de hand van gerichte, individuele gevallen werd vastgesteld of deze vereenvoudigingen of generalisaties de resultaten wezenlijk beïnvloeden. De problematiek van het gebruik van gemiddelde waarden voor de CO₂-intensiteit wordt duidelijk als men de binnenvaart met het wegvervoer vergelijkt. De kleinste schepen (kanaalspitsen) hebben een draagvermogen van minder dan 400 t. Dit is ongeveer 1/40 van dat van een groot duwstel. Vertaald naar het wegvervoer zou dit neerkomen op de belading van een klein bestelbusje in vergelijking met een grote vrachtwagen met oplegger.

In **tabel 6** wordt een overzicht gegeven van de onderzoeken waarin men slechts één enkele gemiddelde waarde voor de CO₂-intensiteit gebruikt, zonder dat deze onderbouwd is door een gedifferentieerde benadering van de emissies van de verschillende scheepsklassen of door een vergelijking van het daadwerkelijke brandstofverbruik van alle schepen in een bepaald vaargebied. Deze onderzoeken worden – met uitzondering van de onderzoeken van de universiteit van Gent en van TTI - vanwege de bovengenoemde redenen hier dan ook verder buiten beschouwing gelaten. In het onderzoek van de universiteit van Gent wordt weliswaar een gemiddelde waarde genomen, maar deze houdt rekening met de vervoersprestatie van verschillende waterwegklassen; het onderzoek beperkt zich evenwel op drie kleine scheepstypen in een relatief klein vaargebied. De in dit onderzoek berekende CO₂-intensiteit kan daarom zonder meer van belang zijn, maar dan wel alleen voor de discussie over de emissies van kleine scheepstypen. Het onderzoek van TTI noemt een gemiddelde waarde voor de binnenvaart in de VS, waarbij het berekeningsmodel getoetst werd aan de hand van de daadwerkelijke transportprestaties en het brandstofverbruik. Aangezien het vervoer in de binnenvaart in de VS in de regel plaatsvindt met grote duwstellen, kan de waarde die in dit onderzoek voor de CO₂-intensiteit werd berekend, zonder meer met die voor grote duwstellen in Europa worden vergeleken.

Tabel 6: Overzicht van enkele onderzoeken waarin waarden voor de CO₂-intensiteit (CO₂-emissiefactoren) voor de binnenvaart ongedifferentieerd worden bepaald

Onderzoek/methode	CO ₂ -intensiteit (CO ₂ -emissiefactoren)
CEFIC	31 g/tkm
Gent University	32 g/tkm
IFEU/TREMODO	31,8 g/tkm
INFRAS	31 g/tkm
TTI	11 g/tkm

De onderzoeken van Stream/Shift, Haskoning en PLANCO schijnen de enige te zijn waarbij de differentiatie van het onderzoek de realiteit goed weergeeft en de belangrijke parameters voldoende in aanmerking worden genomen. In de onderzoeken van Stream/Shift en Haskoning is ook aandacht geschonken aan bijzonder kleine scheepseenheden, die uit de aard der zaak de grootste specifieke emissies hebben. In 2007 lag het kwantitatieve aandeel van de motorvrachtschepen met een draagvermogen van minder dan 650 t in de Europese vloot bij ongeveer één derde, hetgeen overeenkomt met een aandeel van minder dan 10% in het totale tonnage en van circa 15% in het totale geïnstalleerde vermogen (CCR and EC 2009). Dit toont aan dat deze zeer kleine schepen binnen de algemene Europese context eerder van ondergeschikt belang zijn.

Tabel 8 vermeldt waarden voor de CO₂-intensiteit (CO₂-emissiefactoren) voor de binnenvaart die in verschillende onderzoeken op gedifferentieerde wijze werden bepaald en waarbij tevens rekening werd gehouden met de voorafgaande schakels in de keten voor de brandstofproductie (well to wheel). Opvallend is de grote marge tussen de laagste en hoogste waarden voor de afzonderlijke scheepstypen, die nog extremer wordt als alle scheepstypen als een totaal worden aangegeven. Bij de afzonderlijke scheepstypen zijn de bovenste waarden gedeeltelijk het vijfvoudige van de laagste waarden, terwijl dit bij alle scheepstypen samen oploopt tot het tienvoudige. De maximale waarden hebben vooral betrekking op lichte ladingen en schepen met een beperkt draagvermogen. Zij zijn in de Europese binnenvaart en vooral in de Rijnvaart echter nauwelijks van belang. Daarom mag ervan worden uitgegaan dat de reële emissies eerder in de buurt van de minimale waarden zullen liggen.

Een generalisatie of berekening van een gemiddelde waarde ter bepaling van de carbon footprint van de binnenvaart waarbij men alleen uitgaat van de in deze onderzoeken genoemde waarden, is onmogelijk omdat de spanbreedte van de waarden te groot is. Als men de carbon footprint van de binnenvaart voor een bepaald vaargebied, bijvoorbeeld voor de Rijnvaart of de binnenvaart in Europa, betrouwbaar wil bepalen, zou eerder als volgt te werk moeten worden gegaan:

- verificatie van de voor elk scheepstype genoemde emissiefactor voor het betreffende vaargebied;
- vaststelling van de vervoersprestatie die door elke scheepscategorie (alle schepen van een bepaald type) in het desbetreffende vaargebied geleverd wordt;
- vaststelling van de carbon footprint voor elke scheepscategorie door vermenigvuldiging van de vervoersprestatie van de scheepscategorie met de emissiefactor van het scheepstype;
- samenstelling van de carbon footprint van alle scheepscategorieën in één en hetzelfde vaargebied.

De afzonderlijke vaargebieden zou men nog verder kunnen onderverdelen, al naar gelang of het gaat om vrij stromende of gekanaliseerde rivieren of om kanalen, aangezien dit het specifieke brandstofverbruik en de daarmee samenhangende emissiefactoren significant beïnvloedt (Knörr, Heidt et al. 2011). De verificatie van de emissiefactoren zou kunnen geschieden door gebruik te maken van gegevens over het daadwerkelijke brandstofverbruik van verschillende scheepstypen. De vervoersprestatie van elke scheepscategorie kan eveneens aan de hand van gegevens uit de praktijk worden berekend. Samen met de statistische gegevens over het aantal schepen per categorie kan zo de vervoersprestatie per categorie worden bepaald.

Het secretariaat van de CCR heeft van verschillende scheepsexploitanten voorlopige waarden voor emissiefactoren ontvangen. Zij staan in **tabel 7** weergegeven.

Tabel 7: Waarden voor de CO₂-intensiteit (CO₂-emissiefactoren) voor de binnenvaart op basis van het reële brandstofverbruik voor geselecteerde scheepstypen en vaargebieden (incl. voorschakels in de keten)

Scheepstypen / Vaargebieden	CO ₂ -intensiteit (CO ₂ -emissiefactoren)
Duwstellen met 4 resp. 6 bakken / Nederrijn	11,6 g/tkm
Johann Welker / Containervervoer Rijnstroomgebied	24,9 ... 40,0 g/tkm
Grote motorschepen / Containervervoer Rijnstroomgebied	19,1 ... 32,6 g/tkm
Jowi / Containervervoer Rijnstroomgebied	10,3 ... 17,6 g/tkm

Het is opmerkelijk dat de emissiefactoren die aan de hand van de verstrekte gegevens van het scheepvaartbedrijfsleven worden berekend enerzijds in het onderste bereik liggen van de waarden die in de onderzoeken worden vermeld en anderzijds aanzienlijk onder de waarden liggen die in het kader van EcoTransIT en Marco Polo worden gebruikt voor de toewijzing van subsidies door de Europese Commissie en voor de beslissingen van bedrijfstechnische aard.

Gezien het grote politieke belang, dat meer en meer door het bedrijfsleven wordt erkend, mag gesteld worden dat een voortzetting van deze werkzaamheden wenselijk is. Voorwaarde daarvoor is een nauwe betrokkenheid van het scheepvaartbedrijfsleven, om de gegevens uit de praktijk, de vereiste statistieken en de technische en bedrijfsmatige aspecten bijeen te brengen. Bovendien zou één en ander in overleg met de Europese Commissie moeten plaatsvinden om ervoor te zorgen dat de werkzaamheden binnen de gehele EU de nodige ondersteuning vinden en bij de ontwikkeling van het Europese vervoersbeleid de nodige aandacht krijgen.

Tabel 8: Overzicht van diverse onderzoeken waarin de waarden voor de CO₂-intensiteit (CO₂-emissiefactoren) voor de binnenvaart op gedifferentieerde wijze bepaald worden en rekening houden met de voorschakels in de keten voor de brandstofproductie (well to wheel)

Waterwegklasse (CEMT)		CO ₂ -intensiteit (emissiefactoren), in g/tkm								Minimum / maximum onderzoek	
		I	II	III	IV		V		VI		
Scheepstype		Kanaal-spits	Kem-penaar	Gustav Koenigs	Johann Welker	Duwstel	Groot Rijnschip	Duw- / samenstel	Jowi	Duwstel	
Draagvermogen (t)		250 - 400	400 – 650	650 – 1000	1000 - 1500		1500 - 3000		≥ 3000		
Onderzoek	Vervoerde goederen										
Haskoning ²⁹	Bulkgoederen	43,2	47,2		40,0		22,8 ³⁰	14,4	23,1 ³¹	10,6 ³²	10,6 ... 47,2
	Niet-bulkgoederen		28,2 ³³		47,0		14,7	17,0			
ADEME / VNF ³⁴		51,4	50,4	45,0	42,1		34,8	25,0			25,0 ... 51,4
Planco	Bulkgoederen					15,8	19,6; 22,8	12,0 ... 21,1		14	10,3 ... 22,8
	Containers ³⁵					21,1; 21,9	13,0	17,4	10,3		
DST2009 ³⁶		(47,1)		(31,3)	(17,6)		(6,4)	(11,6)	(7,7)	(11,9)	(6,4 ... 47,1)
Marco Polo ³⁷	Bulkgoederen				(68,5)		(64,3)	(43,21)			
EcoTransit ³⁸	Bulkgoederen	(60,6)				(37,7)					(31,5 ... 60,6)
	containers	(52,7)				(31,5)					

²⁹ Omgerekende waarde (emissiefactoren met meetelling van voorschakels in de keten ~ 1,16 * emissiefactoren zonder meetelling van voorschakels in de keten)

³⁰ Tankschip 3500 t

³¹ Tankschip 6000 t

³² Duwstel met vier bakken

³³ Neokemp

³⁴ Omgerekende waarde (emissiefactoren met meetelling van de voorschakels in de keten ~ 1,16 * emissiefactoren zonder meetelling van voorschakels in de keten)

³⁵ Omgerekende waarde (1TEU ~ 10,5 t)

³⁶ Waarden zijn niet vergelijkbaar, omdat er geen rekening werd gehouden met de logistieke randvoorwaarden, zoals lege vaarten; de waarden worden daarom verder buiten beschouwing gelaten

³⁷ Eigen berekeningen op basis van Van Essen en den Boer (2012); slechts 3 scheepstypen; waarden worden derhalve verder buiten beschouwing gelaten

³⁸ Waarden zijn niet vergelijkbaar, omdat zij een gemiddelde voor meerdere scheepstypen vormen; de waarden worden daarom verder buiten beschouwing gelaten

		CO ₂ -intensiteit (emissiefactoren), in g/tkm									
Waterwegklasse (CEMT)		I	II	III	IV		V		VI		Minimum / maximum onderzoek
Scheepstype		Kanaal-spits	Kem-penaar	Gustav Koenigs	Johann Welker	Duwstel	Groot Rijnschip	Duw- / samenstel	Jowi	Duwstel	
Draagvermogen (t)		250 - 400	400 – 650	650 – 1000	1000 - 1500		1500 - 3000		≥ 3000		
Onderzoek	Vervoerde goederen										
STREAM Internat. Freight 2011 ³⁹	Licht stukgoed & bulkgoederen	41 ... 56	41 ... 46		40 ... 46		32 ... 34	27 ... 32 19 ... 20		14 ... 16	14 ... 56
	Middelzwaar stukgoed & bulkgoederen	36 ... 54	39 ... 41		34 ... 40		29 ... 30	23 ... 29 17 ... 19		12 ... 15	12 ... 54
	Zwaar stukgoed & bulkgoederen	34 ... 60	37 ... 42		32 ... 40		27 ... 32	23 ... 28 17 ... 20		12 ... 16	12 ... 60
	Lichte containers		74 ... 95		75 ... 90		39 ... 43 45 ... 55	51 ... 69	51 ... 36		36 ... 95
	Middelzware containers		53 ... 64		49 ... 60		29 ... 33 25 ... 33	37 ... 49	24 ... 35		24 ... 64
	Zware containers		44 ... 53		40 ... 50		20 ... 27 24 ... 29	32 ... 35	19 ... 30		19 ... 53
	Minimum / maximum transporten	34 ... 60	37 ... 95		32 ... 90		24 ... 55	17 ... 69	19 ... 51	12 ... 16	12 ... 95
Minimum / maximum voor alle Onderzoeken	bulkgoederen	34 ... 60	37 ... 47		32 ... 46	16	20 ... 35	12 ... 32	23	11 ... 16	11 ... 60
	niet-bulkgoederen		28 ... 95		40 ... 90	21; 22	13 ... 55	17 ... 69	10 ... 51		10 ... 96
	Alle goederen	34 ... 60	28 ... 95	45	32 ... 90	16 ... 22	13 ... 55	12 ... 69	10 ... 51	11 ... 16	10 ... 95

³⁹ Gegevens voor het jaar 2009

Mogelijkheden van de Rijn- en binnenvaart om broeikasgasemissies te reduceren

Voor de binnenvaart werden vele technische, operationele en logistieke maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en dus ook van de CO₂-emissies geïdentificeerd en in veel gevallen geïmplementeerd. In het onderhavige verslag worden alleen de maatregelen behandeld, die rechtstreeks de schepen of hun operationele activiteiten betreffen. Om een beeld te krijgen van de algemene context (omdat er immers in sommige gevallen een wisselwerking is tussen maatregelen voor schepen en die voor de infrastructuur) biedt de onderstaande **tabel 9** een overzicht van die maatregelen, met de kanttekening dat hier niet gepretendeerd wordt dat deze tabel volledig is.

Tabel 9: Overzicht van geïdentificeerde en geïmplementeerde maatregelen

Toepassingsgebied		Maatregelen	Opmerkingen
Infrastructuur	Waterweg - Bouwwerken - vaargeul	Dimensionering afstemmen op optimale afmetingen van schepen	Aangezien de waterweginfrastructuur vaak verregaand voltooid is, zijn hier slechts kleinschalige veranderingen mogelijk en zinvol
		Beperking van noodzakelijke manoeuvres	
		Vermijding van ongunstige stromingsomstandigheden	
	Informatie over de waterweg	Terbeschikkingstelling van informatie over de waterwegparameters	Waterwegprofiel, waterstanden, stromingsomstandigheden
		Terbeschikkingstelling van informatie over de verkeersomstandigheden	Verkeersdichtheid, belemmeringen, stremmingen
	Vessel Traffic Management	Verkeersregeling	Optimale snelheid van de schepen
		Optimalisering van het bedrijf van waterbouwwerken (sluizen, bruggen)	Vermijding van wachttijden, afzetten van motoren
	Havens en ligplaatsen	Beperking van noodzakelijke manoeuvres	Zie rubriek waterweg
		Walstroom	Stroomverzorging met elektriciteit uit regeneratieve bronnen
		Installaties om bij het laden en lossen zo min mogelijk energie te gebruiken	
Schip	Ontwerp en uitrusting	Optimalisering van het scheepsontwerp met behulp van tests op schaal of computersimulaties	Hydrodynamische eigenschappen (optimalisering van de hoofdafmetingen, vorm, snelheid en voortstuwingsmiddelen van het schip)
		Optimalisering van de conventionele voortstuwingsinstallaties	Energiesparende uitvoering, vermijding van overgedimensioneerde motoren, elektrische aandrijving

Toepassingsgebied		Maatregelen	Opmerkingen
		Dieselektrische aandrijvingsystemen	Combinatie van een dieselmotor die in het optimale toerentalbereik werkt, een elektrische generator en een elektrische motor voor de voortstuwing van het schip
		Hybride aandrijvingsystemen	Elektrische tussenopslag van de aandrijfenergie, eventueel in combinatie met een dieselektrische aandrijving
		Energie-efficiënte uitrusting	Hulpaandrijving, stroomverbruikende apparatuur
		Energieterugwinning	Verwarming, airconditioning, extra aandrijvingvoorzieningen
		Efficiëntere of alternatieve voortstuwingsinstallaties	bijv. jets, "Whale Tail"
		Gewichtsreductie	Lichte bouwwijze, kleinere motoren
		Lagere scheepsweerstand	Luchtsmering, optimalisatie scheepsvorm, hydrodynamische vaanwielen, dynamische straalbuizen, optimalisatie koppelverbindingen,
	Brandstoffen	Gebruik van biogene brandstoffen (vloeibaar en gasvormig)	Eventueel kritische ecologische & sociale impact; opslag aan boord eventueel problematisch; alleen in beperkte hoeveelheden beschikbaar
		Gebruik van gasvormige brandstoffen	Productie, opslag aan land, distributie, opslag aan boord gecompliceerd
		Gebruik van brandstoffen die met behulp van regeneratieve energie worden gewonnen, bijv. waterstof	Ontwikkeling op lange termijn; waarschijnlijk slechts in beperkte mate beschikbaar
	Bedrijfsmatige aspecten	Algemene vermindering van de snelheid	Eventueel de meest efficiënte afzonderlijke maatregel in combinatie met een aangepaste snelheid
		Aanpassing van de snelheid aan de vaargeulafmetingen / waterdiepte (VoortVarend Besparen)	Weerstand van het schip in principe omgekeerd evenredig aan de vaargeulafmetingen
		Onboard informatiesystemen voor zuinig varen	Econometer, reisplanning
Optimalisering reisplanning		Keuze van de best geschikte vaarwegen, rekening houdend met de beperkingen	
Automatische koersbepalingssystemen		Voorkomt onnodige roerbewegingen	
Optimalisatie van onderhoud		Scheepshuid, schroef, motor	
Vermijding van stationair draaien van de motoren		Bijvoorbeeld voor of in sluisen	

Toepassingsgebied		Maatregelen	Opmerkingen
		Optimalisering van de trim	Lading, ballast
		Opleiding van de schippers over het gebruik van operationele maatregelen	Maatregel van centrale betekenis
	Onderhoud	Optimaal afgestelde en onderhouden motoren	Onderhoud volgens aanwijzingen van de fabrikant
		Onbeschadigde voortstuwingsmiddelen	Schade kan werkingsgraad verminderen
		Schone onderkant van het schip, zonder beschadigingen	Begroeiingen en grotere vervormingen kunnen de scheepsweerstand verhogen
Transportmanagement		Vermijding van vaarten met leeg schip	
		Volledige benutting van de laadcapaciteit	Voor zover op grond van de omstandigheden op de waterwegen mogelijk
		Vermijding van wachttijden	Bijv. in havens

In verhouding tot de potentiële emissiereductie, lopen de kosten van de bovenstaande maatregelen uiteen. Sommige maatregelen zijn dankzij de mogelijke brandstofbesparing wellicht zelfs kostendekkend.

Maatregelen ter emissievermindering kunnen ook een invloed op de veiligheid en het goede verloop van het scheepsverkeer hebben, evenals op de milieubescherming. Maatregelen ter vermindering van de emissies die de veiligheid en het goede verloop van de scheepvaart negatief kunnen beïnvloeden, moeten worden uitgesloten. Er bestaat een positieve wisselwerking tussen de vermindering van het brandstofverbruik en de milieuvervuiling. Over het algemeen leidt een geringer brandstofverbruik tot een geringere uitstoot van schadelijke stoffen zoals stikstofdioxide en roetdeeltjes. Schepen met een zuinig brandstofverbruik veroorzaken ook vaak weinig golfslag en weinig wijzigingen in de stroming in de omringende waterlichamen, hetgeen tot het behoud van de rivierbedding en -bodem bijdraagt.

Technische opties ter vermindering van de broeikasgasemissies van non-road vervoersmodi

(Overgenomen van (Hazeldine, Pridmore et al. 2009))

Tabel 10: Potentiële vermindering van broeikasgasemissies van verschillende technische opties voor de binnenvaart

Technische optie	Huidig reductiepotentieel per schip indien mogelijk	Huidige afschrijvingstermijn
Aandrijving		
Efficiëntere motoren	15 – 20%	> 10 jaar
Dieselelektrische aandrijving	10%	> 10 jaar
Reductie in de vereiste aandrijving		
Grotere vaartuigen (schaaleffecten)	Max. 75% afhankelijk van het verschil in afmeting	Geen algemene conclusie mogelijk
Betere schroefsystemen	20 – 30%	Korte terugverdientijd
Beter scheepsrompdesign	10 – 20%	Korte terugverdientijd
Computer ondersteunde routeplanning en snelheidsmanagement	5 – 10%	< 1 jaar
Lichtgewicht scheepsrompen	5 - 15%	> 10 jaar (onderzoek gaande)
Luchtsmering	10%	Onbekend (onderzoek gaande)
Walvisstaart/experimenteel aandrijvingsysteem	25%	Onbekend (moet nog onderzocht worden)

(Opmerking van de auteur: De bovenstaande tabel dient uitsluitend ter informatie over het onderzoeksproject *EU Transport GHG: Routes to 2050?* Een meer uitgebreide behandeling van de maatregelen en het potentieel is opgenomen in **bijlage 6** bij dit verslag.)

Scheepstechnische maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies van binnenschepen

Tabel 11 bevat een beknopt overzicht en een evaluatie van de technische maatregelen die op schepen kunnen worden getroffen om het brandstofverbruik en de CO₂-uitstoot terug te dringen. De gegevens en evaluaties zijn gebaseerd op onderzoeken in de zeevaart (Buhaug, Corbett et al. 2009; Miola, Ciuffo et al. 2010), het project EU Transport GHG: Routes to 2050? (Hazeldine, Pridmore et al. 2009), de databank over dienovereenkomstige maatregelen op de website van de CCR (www.ccr-zkr.org), presentaties tijdens de CCR-workshop op 12 april 2011 met als titel "CO₂-emissies in de binnenvaart, hoe zijn ze te meten? Hoe zijn ze te verminderen?" (Andersen 2011; Christophel 2011; Guesnet 2011; Scherm 2011; Shuto 2011; van Terwisga 2011) en een aantal andere bronnen (PLATINA 2009; Zöllner 2009). Het secretariaat is tot een raming overgegaan voor zover geen gegevens over het reductiepotentieel beschikbaar zijn.

Tabel 11 laat zien dat bepaalde technische maatregelen waardoor het brandstofverbruik en daardoor ook de CO₂-emissies van binnenschepen kunnen worden verminderd, reeds beschikbaar zijn. De verschillende mogelijkheden voor een reductie zijn uitgedrukt als percentage van het brandstofverbruik. Zij kunnen dus in principe niet bij elkaar worden opgeteld, omdat brandstofhoeveelheden die door een maatregel bespaard werden, niet nogmaals door een andere maatregel kunnen worden bespaard; wat er na een reductiemaatregel nog aan brandstofverbruik overblijft, zou eerder met de overige aandelen vermenigvuldigd moeten worden. (De rekenkundige correlatie wordt in **punt 15** uitgelegd.)

Uit de aard der zaak gelden voor de evaluatie een aantal beperkingen:

- Niet alle maatregelen werden tot nu toe wetenschappelijk onderzocht.
- Sommige maatregelen werden nog helemaal niet, andere slechts in individuele gevallen op commercieel geëxploiteerde schepen getest.
- Sommige van de fundamentele gegevens werden door ontwikkelaars en producenten verstrekt die de door hen gepropageerde maatregelen in een goed daglicht willen stellen om een economisch voordeel te behalen.
- Sommige maatregelen zijn alleen voor bepaalde scheepstypen geschikt, zoals bijvoorbeeld de optimalisering van de koppelverbinding.
- Het is in veel gevallen technisch of economisch niet zeer zinvol, bepaalde voorgestelde maatregelen slechts op één schip te realiseren.
- Het vermelde reductiepotentieel is vaak slechts een grove schatting of alleen haalbaar onder specifieke randvoorwaarden.

Tegelijkertijd moet worden vastgesteld dat de genoemde maatregelen niet volledig kunnen zijn. Er zijn nog talrijke andere maatregelen, die echter vaak niet getest zijn en waar dus geen betrouwbare gegevens voor beschikbaar zijn of waarvan de potentiële energie- of emissiereductie zeer gering is.

Voor de gegevens in **tabel 11** moet daarom een zekere terughoudendheid in acht worden genomen. Voor een inschatting van het algemene potentieel om het energieverbruik en de uitstoot van binnenschepen te reduceren, zijn de gegevens evenwel zinvol.

Desalniettemin mag ervan worden uitgegaan dat er vooral in de aandrijving een reductiepotentieel schuilt. Principeel kan men stellen dat er een heel scala aan mogelijke maatregelen bestaat, waaruit de scheepseigenaar voor zijn schip en zijn specifieke geval de meeste rendabele en technisch gunstige kan kiezen.

Om een keuze te kunnen maken, is het zinvol het scheepsontwerp met behulp van CFD (Computational Fluid Dynamics) te onderzoeken. Hiermee kan door simulaties op krachtige computers vastgesteld worden hoe het ontwerp verder geoptimaliseerd kan worden. Bovendien kunnen eventuele wijzigingen theoretisch geanalyseerd worden (Guesnet 2011; van der Meij 2011). Complexe experimenten op schaal in waterbekkens worden daardoor gedeeltelijk overbodig. Een andere mogelijkheid voor de scheepeigenaar om vast te stellen of het ontwerp van een nieuw te bouwen schip energetisch gunstig is, biedt het door TNO ontwikkelde Simulation Generic Energy Systems (GES). Dit maakt het mogelijk een schip met betrekking tot het energieverbruik te analyseren en onder verschillende variërende parameters – waaronder vooral de uitrusting genoemd kan worden – te optimaliseren, waarbij rekening wordt gehouden met de voorziene bedrijfsmatige toepassingen (Veen 2012). De eerder genoemde maatregelen veroorzaken op zich genomen geen reductie van het energieverbruik van een schip, maar maken het mogelijk de bekende mogelijkheden voor de reductie van het brandstofverbruik vooraf te simuleren en het schip overeenkomstig te optimaliseren.

Enkele van de bovengenoemde maatregelen werden reeds getroffen op het tankschip Amulet, dat voor de betanking van zeeschepen wordt ingezet. Voor dit schip worden brandstofbesparingen en daardoor een vermindering van de CO₂-emissies tot 45% in vergelijking met normaal gangbare schepen genoemd (Jansen, Jansen et al. 2010). Dit reductiepotentieel kan als een maximale grens voor het CO₂-reductiepotentieel bij een combinatie van technisch beproefde maatregelen worden beschouwd. Er moet echter op gewezen worden dat het tankschip Amulet een schip is dat een specifiek toepassingsgebied heeft.

Diverse van de in **tabel 11** genoemde maatregelen kunnen door een verbouwing van reeds bestaande schepen worden gerealiseerd. In een dergelijk geval zijn de mogelijkheden economisch en technisch gezien evenwel beperkt en zal dus ook het reductiepotentieel lager uitvallen (Renner 2005). De grootste brandstofbesparingen schijnen door de volgende maatregelen te worden bereikt: vervanging van de hoofdaandrijving, vervanging en aanvulling van de voortstuwingsvoorzieningen (schroeven / jets), aanpassing van de scheepsuiteinden bij samenstellen. Hieruit kan een combinatie van technisch zinvolle maatregelen worden samengesteld, zoals een aanpassing van de hekvorm in combinatie met de vervanging en aanvulling van de schroeven. De bovengenoemde maatregelen zijn ook in **tabel 11** verwerkt.

Tabel 11: Samenvattend overzicht en evaluatie van scheepstechnische maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik van de CO₂-emissies van binnenschepen

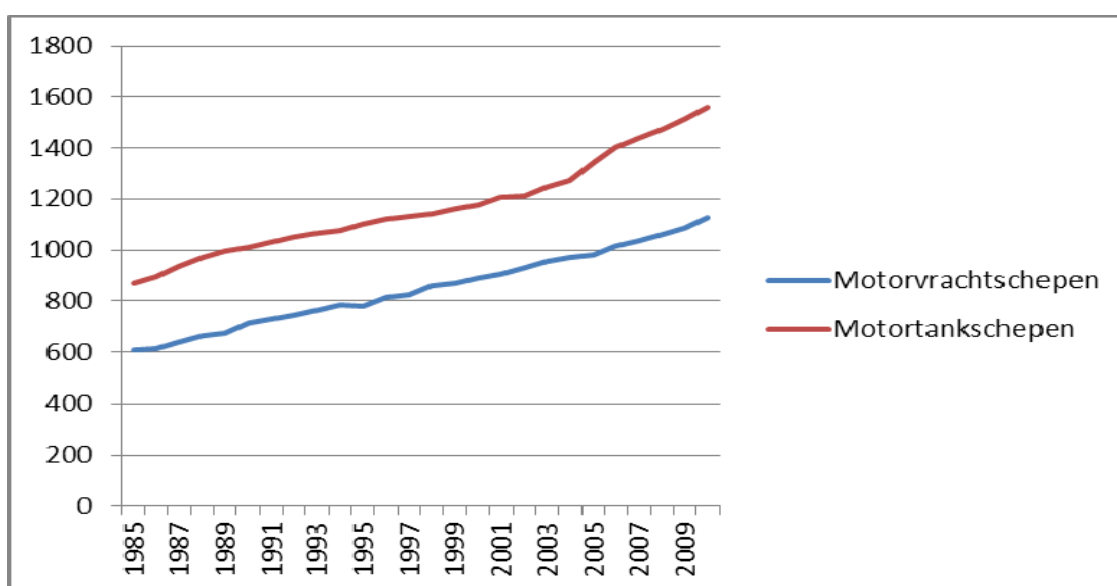
Maatregel	Energie- / -CO ₂ -/ reductiepotentieel	Ontwikkelingsstand	Toepassingsgebied	Rentabiliteit	Opmerkingen / Evaluatie
Maatregelen met betrekking tot de voortstuwing (aandrijving)					
Efficiencyverhoging motoren	2 tot 5%	Marktrijp	In principe voor alle schepen	ja	Reductiepotentieel in de toekomst gering omdat wettelijk voorgeschreven maatregelen ter vermindering van de uitstoot van schadelijke stoffen hand in hand kunnen gaan met een hoger brandstofverbruik; bedrijfseconomische maatregel op het moment dat oudere motoren met een hoog specifiek verbruik worden vervangen; in dat geval is het reductiepotentieel hoger dan 10%.
Dieselektrische aandrijving	0 tot 20%	Marktrijp	In principe voor alle schepen	Ja	Veelbelovende maatregel; reductiepotentieel in vergelijking met moderne conventionele voortstuwingmotoren echter geringer; efficiëntie bijzonder afhankelijk van de inzetomstandigheden van het schip en het aantal / type elektrische verbruikers
Hybride aandrijving	0 tot 20%	Marktrijp	Momenteel op jachten		Veelbelovend voor schepen die veel manoeuvreren, zoals inzamel-/distributieverkeer in havens, dagtochtschepen
Efficiëntere aandrijvingsystemen	5 tot 20%	Marktrijp	In principe voor alle schepen	Ja	Diverse, veelbelovende maatregelen (contraroterende schroeven, skew-back propellor)
Alternatieve aandrijvingsystemen	0 tot 25%	Onderzoek & ontwikkeling			Momenteel kan niet worden ingeschat of alternatieve aandrijvingsystemen (bijv. Whale Tail) ingang zullen vinden
Terugwinning van afvalwarmte	0 tot 5%	Marktrijp	In principe voor alle schepen	Afschrijving ~ 5 jaar	Veelbelovende maatregel bij schepen die voornamelijk zwaarbeladen varen; bij stil liggende schepen niet mogelijk in verbinding met walstroomvoorziening

Maatregel	Energie- / -CO ₂ -/ reductiepotentieel	Ontwikkelingsstand	Toepassingsgebied	Rentabiliteit	Opmerkingen / Evaluatie
Maatregelen met betrekking tot de scheepsromp					
Lichte constructies	0 tot 5%	Marktrijp	In bepaalde gevallen al gangbaar, bijv. op dagtochtschepen		Lichte bouwwijze voor vrachtschepen momenteel nauwelijks gebruikt; lichte bouwwijze kan tot hogere reparatiekosten leiden
Luchtsmering	0 tot 15%	Marktrijp	In principe voor alle schepen	Ja	Momenteel kan niet worden ingeschat of de maatregel ingang vindt; luchtkamers reduceren de laadruimte, wat bij gemiddelde tot lage waterstanden de transportcapaciteit reduceert
Scheepsvorm	0 tot 10%	Marktrijp	In principe voor alle schepen	Ja	In de toekomst is een verdere optimalisering mogelijk
Vaan- of grimwielen	0 tot 10%	Onderzoek & ontwikkeling	In principe voor alle schepen		Succesvolle schaaltests
Dynamische straalbuizen	0 tot 10%	Onderzoek & ontwikkeling	Motorvrachtschepen, motortankschepen	Ja	Succesvolle schaaltests, planning van de eerste toepassing
Optimalisering koppeling verbinding duwstellen	0 tot 15%	Marktrijp	Duw- en samenstellen	Ja	Bij samenstellen die permanent verbonden zijn, nu al gangbaar
Optimalisering van de totaliteit aan scheepstechnische maatregelen					
Computersimulatie m.b.v. CFD	n.a.	Marktrijp	In principe voor alle schepen	Ja	Veelbelovende maatregel voor de optimalisering van het scheepsontwerp met betrekking tot de hydrodynamica; in sommige gevallen al toegepast
Energieanalyse	n.a.	Marktrijp	In principe voor alle schepen	Ja	Veelbelovende maatregel voor de optimalisering van het scheepsontwerp met betrekking tot de energiebehoefte; in sommige gevallen al toegepast

Ontwikkeling van de gemiddelde scheepsgrootte in Europa en mogelijke gevolgen voor de CO₂-emissies

Het wellicht grootste potentieel voor de vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies van de binnenvaart moet gezocht worden in een toename van het gemiddelde draagvermogen (afmetingen) van de schepen (Hazeldine, Pridmore et al. 2009; Schweighofer 2011). Het gemiddelde draagvermogen van de West-Europese binnenschepen is tussen 1991 en 2010 bij drogeladingschepen met ca. 20 ton per jaar en bij tankschepen met ca. 25 ton per jaar gestegen, zoals **afbeelding 5** laat zien. Dit komt overeen met een jaarlijkse toename van circa 1,8% respectievelijk 1,6%. De grafiek toont aan dat het gemiddelde draagvermogen van drogeladingschepen in 2010 ongeveer 1130 ton bedroeg en dat van tankschepen ongeveer 1560 ton.

Afbeelding 5: Gemiddeld draagvermogen (in ton) van motorschepen van de West-Europese vloot (bron: statistische gegevens en berekeningen van het secretariaat van de CCR)



In principe geldt dat de specifieke CO₂-emissies lager zijn naarmate het draagvermogen van de schepen groter is. Deze correlatie is in **punt 5.1** van het verslag reeds uitgebreid ter sprake gekomen. Hieronder wordt een grove schatting gemaakt van de verandering van de specifieke emissies ten opzichte van de toename in gemiddeld draagvermogen van de West-Europese binnenschepen. Daarvoor wordt uitgegaan van emissiewaarden die onder vast afgebakende randvoorwaarden (belading tot een maximale diepte van 2,5 m, waterdiepte 5 m, scheepssnelheid 12 km/h) werden gemeten (Zöllner 2009) en daarom goed met elkaar vergelijkbaar zijn. De waarden zijn in **tabel 12** weergegeven.

Tabel 12: Illustratie van de invloed van het draagvermogen op de specifieke CO₂-uitstoot van binnenschepen onder bepaalde, afgebakende randvoorwaarden (Zöllner 2009)

Scheepstype	DW [t]	CO ₂ [g/tkm]
Spits	366	47,1
Gustav Koenigs	935	31,3
Johann Welker	1272	17,6
Motorvrachtschip	1900	6,4
Jowi-klasse	3335	7,7

Met behulp van de waarden in **tabel 12** levert dit met een vereenvoudigde gemiddelde waarde tot de volgende, in **tabel 13** weergegeven stellingen.

Tabel 13: Veronderstelde, gemiddelde specifieke CO₂-uitstoot van binnenschepen

Scheepscategorie	DW [t]	CO ₂ [g/tkm]
Drogeladingschip	1130	25
Tankschip	1560	12

Voor drogeladingschepen wordt er verder voor het gemak vanuit gegaan dat schepen met een gemiddelde specifieke uitstoot van 40 g/tkm en een gemiddeld draagvermogen van 700 t de markt zullen verlaten. Bij de tankschepen mag verondersteld worden dat de uit de markt genomen schepen groter zijn dan de drogeladingschepen, zodat hiervoor een gemiddeld draagvermogen van 1000 t en een gemiddelde specifieke uitstoot van 27 g/tkm wordt aangenomen. Voor beide categorieën wordt gesteld dat de schepen die op de markt worden gebracht, een gemiddelde specifieke uitstoot van 7 g/tkm en een gemiddeld vermogen van 3000 t hebben. Met deze waarden kan vervolgens in functie van de toename van het gemiddelde draagvermogen een gemiddelde verandering van de specifieke uitstoot worden berekend. De resultaten daarvan staan in onderstaande **tabel 14**.

Tabel 14: Geschatte verandering van de gemiddelde, specifieke CO₂-emissies van binnenschepen in functie van het gemiddelde draagvermogen

Scheepscategorie		dW [t]	CO ₂ [g/tkm]	Δ CO ₂ [g/tkm] per dW [t]
Droge-ladingschip	oud	700	40	0,014
	nieuw	3000	7	
Tankschip	oud	1000	27	0,01
	nieuw	3000	7	

Als de gemiddelde verandering van de specifieke emissies met de jaarlijkse toename van het gemiddelde draagvermogen vermenigvuldigd wordt, levert dit voor drogeladingschepen een vermindering van de specifieke uitstoot van 0,28 g/tkm per jaar op en voor tankschepen van 0,25 g/tkm per jaar. Als men de waarden in **tabel 13** uitdrukt als percentage, levert dit voor drogeladingschepen een verandering van circa 1,1% per jaar op en voor tankschepen van ongeveer 2,1% per jaar.

Als de bovengenoemde geschatte verbeteringen van de specifieke emissie als gevolg van de toename van het gemiddelde draagvermogen correct is, zou hierdoor bevestigd worden dat de scheepsgrootte een doorslaggevende factor is voor de reductie van de CO₂-uitstoot in de binnenvaart. De hierdoor te bereiken verbeteringen stemmen ook vrij goed overeen met de toename van de verkeersprestatie van de binnenvaart (Ickert, Ulrike et al. 2007; ITP and BVU 2007). Als de toename van het gemiddelde draagvermogen van de binnenschepen van de afgelopen jaren zich bovendien blijft voortzetten, zal de daaruit resulterende daling van de specifieke CO₂-uitstoot de gestegen emissies als gevolg van de eventueel grotere vervoersprestatie van de binnenvaart wellicht compenseren. Eenvoudig gesteld betekent dit: de vervoersprestatie neemt toe, maar de broeikasgasemissies niet.

PLANCO heeft eveneens de reductie van de CO₂-emissies in het licht van het grotere draagvermogen van de schepen onderzocht en is daarbij tot de conclusie gekomen dat de energiebehoefte van de binnenvaartvloot naar verhouding net zoveel afneemt als het gemiddelde draagvermogen toeneemt (PLANCO 2007). Daarbij moet wel de kanttekening worden geplaatst dat PLANCO uitgaat van een toename in de omvang van slechts 0,5% per jaar en niet zoals de CCR van ongeveer 1,5% per jaar, zoals weergegeven in **afbeelding 5**. Het verschil ligt wellicht in het feit dat PLANCO alleen de Duitse vloot heeft onderzocht, terwijl in de statistische berekeningen van het secretariaat van de CCR ook sneller groeiende vloten worden meegeteld. Hoe de gemiddelde scheepsgrootte zich zal ontwikkelen, zou ook van het vaargebied af kunnen hangen. Op waterwegen waar alleen relatief kleine schepen kunnen varen, valt te verwachten dat de gemiddelde scheepsgrootte nog maar nauwelijks zal toenemen. Als voorbeeld wordt hier naar de kleine kanalen in Frankrijk verwezen. De Rijn biedt daarentegen nog veel speelruimte voor een verdere toename van de gemiddelde scheepsgrootte.

De bovenstaande stelling is een sterk vereenvoudigde analyse van de correlatie tussen de vlootstructuur en de broeikasgasemissies. Wil men deze resultaten staven, dan moet men niet alleen de gemiddelde afmetingen van de schepen bekijken, maar elke grootteklasse afzonderlijk. Deze grootteklassen zijn al gedefinieerd. Er zijn ook gegevens beschikbaar over de ontwikkeling van het aantal schepen per grootteklasse. De berekeningen zouden niet slechts gebaseerd moeten worden op de waarden voor de specifieke CO₂-uitstoot van één enkel onderzoek, zoals hier het geval is, maar gegevens uit verschillende bronnen moeten gebruiken. Verder is het wenselijk om voor alle schepen, van elke grootteklasse, het aandeel in de totale vervoersprestatie van de binnenvaart te bepalen. Pas dan kan de invloed van de verandering van het gemiddelde draagvermogen of scheepsgrootte op de CO₂-uitstoot op betrouwbare wijze worden vastgesteld.

Operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies van binnenschepen

Tabel 15 bevat een beknopt overzicht en een beoordeling van de operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies. De gegevens en beoordelingen zijn gebaseerd op onderzoeken in de zeevaart (Buhaug, Corbett et al. 2009; Miola, Ciuffo et al. 2010), het project "EU Transport GHG: Routes to 2050?" (Hazeldine, Pridmore et al. 2009; Kampman, Rijke et al. 2009), de databank met maatregelen op dit vlak op de website van de CCR (www.ccr-zkr.org), de presentaties tijdens de workshop "CO₂-Emissies van de binnenvaart, hoe zijn ze te meten? Hoe zijn ze te verminderen?" van de CCR op 12 april 2011 (Kammertöns 2011; Koopmans 2011; Lutz and Gilles 2011; Savelkoul 2011) en enkele andere bronnen (PLATINA 2009; van Kempen 2010). Het secretariaat is tot een raming overgegaan voor zover geen gegevens over het reductiepotentieel beschikbaar zijn.

Tabel 15 laat zien dat er verschillende operationele maatregelen bestaan waardoor het brandstofverbruik en de CO₂-emissies van binnenschepen verminderd kunnen worden. Voor elke maatregel is het reductiepotentieel als aandeel in het brandstofverbruik (in%) aangegeven. Voor de beoordeling van de maatregelen en vooral ook de kwantitatieve gegevens voor het reductiepotentieel gelden dezelfde beperkingen als die in **bijlage 6** voor de technische maatregelen werden vastgesteld. Daarom geldt ook voor de gegevens in **tabel 15** een zekere reserve. Voor een algemene inschatting van het potentieel om in de binnenvaart het brandstofgebruik en de uitstoot terug te dringen, zouden de cijfers evenwel nuttig moeten zijn.

Alles bij elkaar genomen, kan ervan uit worden gegaan dat er een omvangrijk reductiepotentieel bestaat, dat vooral bereikt zal kunnen worden door een optimalisering van de scheepssnelheid. Dit kan vooral op waterwegen met uiteenlopende dwarsprofielen en stromingsverhoudingen worden bereikt, zoals op de Rijn, maar minder op kanalen met hun relatief gelijkblijvende omstandigheden. Successen bij de benutting van dit potentieel meldt het Nederlandse programma VoortVarend Besparen. Opvallend is bovendien dat er inmiddels talrijke elektronische hulpmiddelen hiervoor ontwikkeld zijn die gedeeltelijk ook al op de markt worden aangeboden. De zogenaamde Tempomaat is een dergelijk hulpmiddel, dat reeds in diverse steunprogramma's is opgenomen (dit wordt uitgebreid beschreven in **bijlage 9**). Aangezien het reductiepotentieel van deze hulpmiddelen met betrekking tot het brandstofverbruik en – in samenhang met deze beperking – tevens de emissies aan broeikasgassen en schadelijke stoffen kennelijk algemeen erkend zijn en aangezien de investering in deze hulpmiddelen zeer snel wordt terugverdiend, zou de installatie en het gebruik in de Rijnvaart en de Europese binnenvaart ook wettelijk voorgeschreven kunnen worden. Een impactstudie zou in elk geval tot een bijzonder positief resultaat leiden.

Voor sommige maatregelen is men aangewezen op de ondersteuning van de waterwegbeheerders, zoals een "groene golf" bij sluizen en ophaalbruggen. In de containervaart kan een optimalisering van de afwikkeling bij de terminals in de zeehavens tot een aanzienlijk lagere uitstoot bijdragen. Hoe minder terminals een schip moet aandoen en hoe minder manoeuvres het moet uitvoeren, des te lager zijn de emissies. Vooral bij de grote containerschepen legt dit gewicht in de schaal. (Voor de verkeersstromen tussen de terminals zou gebruik gemaakt kunnen worden van schepen met een hybride aandrijving of zelfs met een volledig elektrische aandrijving.) Als conclusie kan men vaststellen dat er een heel scala aan mogelijke maatregelen bestaat waaruit de scheepseigenaar de voor zijn schip en zijn specifieke gebruik meest rendabele en technisch haalbare kan kiezen.

De schippers staan in het middelpunt van de realisering van bedrijfstechnische reductiemogelijkheden. Hun opleiding – eventueel met de hulp van geëigende simulators – kan om deze reden als een prioritaire maatregel voor de reductie van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies in de binnenvaart worden beschouwd. Alle in **tabel 15** genoemde maatregelen kunnen ook op reeds bestaande schepen worden genomen.

Tabel 15: Beknopt overzicht en beoordeling van operationele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO₂-emissies van binnenschepen

Maatregel	Energie- / -CO ₂ / reductiepotentieel	Stand ontwikkeling	Toepassingsgebied	Rentabiliteit	Commentaar / beoordeling
Optimalisatie van de vaarsnelheid door de schipper					
Smart steaming, just in time	0 tot 30%	In Nederland door de overheid gesubsidieerde programma's; in veel ondernemingen gangbaar	Alle schepen	Zeer rendabel want minimale kosten	Eenvoudigste en meest rendabele maatregelen ter vermindering van het brandstofverbruik en de CO ₂ -uitstoot
Maatregelen met gebruik van elektronische hulpmiddelen (IT)					
Optimalisering van de snelheid met behulp van Decision Support Systems	0 tot 15%	Marktrijp, reeds voorwerp van subsidieprogramma's	Alle schepen, eventueel met een uitzondering voor dagtochtschepen		Bijeenbrengen van verschillende gegevens over transportaard, vaarwegomstandigheden, gebruik van eigen ervaringen en die van andere schepen
Optimalisering van reisplanning	0 tot 20%	Marktrijp	Alle schepen, eventueel met een uitzondering voor dagtochtschepen		Gebruik van Inland ECDIS en Berichten aan de Scheepvaart
Optimalisering door automatische koersbepaling	0 tot 10%	Prototypes	Alle schepen, eventueel met een uitzondering voor dagtochtschepen		Keuze van een optimale reisroute met betrekking tot vaarwaterdiepte en stroming: vermindering van de stuurbevelen (roerstellingen)
Maatregelen met betrekking tot het onderhoud van de schepen					
Optimalisering onderhoud aandrijvingmotor	0 tot 5%	Gangbaar	Alle schepen		Voor het behoud van de efficiency van systemen die uitlaatgassen nabehandelen (reductie van de uitstoot van schadelijke stoffen) zullen regelmatige controles/onderhoudswerkzaamheden toch al nodig zijn

Maatregelen met betrekking tot het onderhoud van de schepen					
Optimalisering onderhoud schroef	0 tot 5%	Gangbaar	Alle schepen		
Optimalisering onderhoud scheepshuid	0 tot 5%	Gangbaar	Alle schepen		Waarschijnlijk in de binnenvaart minder belangrijk dan in de zeevaart
Andere operationele maatregelen					
Optimalisering trim van het schip	0 tot 5%	Gangbaar	Alle schepen		
Optimalisering schutten / brugdoorvaarten	0 tot 15%		Gekanaliseerde wateren en kanalen		Door sluisexploitanten / bruggen "groene golf" voor de doorvaart van de schepen voorzien; realisering met behulp van RIS
Optimalisering afwikkeling in havens	0 tot 5%		Vrachtvervoer		Met name de specifieke emissies van containerschepen kunnen bij het aanlopen van verschillende terminals fors oplopen
Walstroom	0 tot 5%	Op veel ligplaatsen al voorhanden	Alle schepen		Commercieel ingezette binnenschepen hebben vandaag de dag zeer korte ligtijden, zodat het besparingspotentieel hier zeer gering is
Optimalisering van de totaliteit aan operationele maatregelen					
Training op een simulator		Geschikte simulators voorhanden of in ontwikkeling	Alle schepen		Training op een simulator verhoogt bewustzijn, begrip en vaardigheden om de optimale snelheid te kiezen aan de hand van de transportaard, vaargeuldiepte en stroming

Smart Steaming

De onderstaande uiteenzettingen berusten op persoonlijke informatie (de Vries 2012). Meer informatie is verkrijgbaar via het bureau voor scheepvaartprojecten (SPB) en het Expertise- en InnovatieCentrum Binnenvaart (EICB)⁴⁰.

Inleiding

Het programma "VoortVarend Besparen" is in 2007 door het Nederlandse Ministerie van Infrastructuur en Milieu gelanceerd. De hoofddoelstelling van het programma is een vermindering van de CO₂-uitstoot in de binnenvaart door op een andere wijze met de schepen te varen. Omdat het brandstofverbruik daalt, zorgt de reductie van de CO₂-emissies bij de deelnemende kleine en middelgrote ondernemingen tevens voor een positief kosteneffect. Het Expertise- en InnovatieCentrum Binnenvaart (EICB) heeft in 2001 de leiding van het programma van de Nederlandse regering overgenomen.

Resultaten

Voor de periode 2007 - 2010 is een controleonderzoek gedaan om de resultaten die in de eerste jaren van het programma behaald zijn, te staven. Het jaarresultaat van 6,7% ligt boven de aanvankelijke doelstelling van een CO₂-reductie van 5% per jaar. In **tabel 16** wordt een overzicht van de resultaten per jaar gegeven:

Tabel 16: Resultaten per jaar op basis van de vastgestelde besparing van 6,7%

	NOx	NMVOS	PM	CO₂
	mln. kg	mln. kg	mln. kg	mln. kg
Besparing ten opzichte van 2007	1,742	0,241	0,0744	119,6
Besparing in euro's ten opzichte van 2007	€ 18.465.200	€ 602.298	€ 3.049.170	€ 2.989.875

	Sociale baten	Financieel voordeel voor de ondernemingen	Totaal
Besparingen na aftrek van programmakosten	€ 21.916.881	€ 27.180.682	€ 49.097.563
Besparing in euro's ten opzichte van 2007	€ 25.106.543	€ 27.180.682	€ 52.287.225

⁴⁰ www.spb.binnenvaart.nl / www.eicb.nl

Inhoud van het programma

Het programma “VoortVarend Besparen” betreft verschillende aspecten: scholing, een CO₂-benchmarkingsinstrument, een prijsvraag en communicatiemaatregelen.

Scholing

De ruggengraat van het programma is het streven om schippers zo efficiënt mogelijk te leren varen, zodat het brandstofverbruik wordt gereduceerd. De basisideeën van “VoortVarend Besparen” zijn in het reguliere opleidingsprogramma voor schippers overgenomen. Voor meer ervaren schippers werd een speciale cursus ontwikkeld, die de deelnemers de mogelijkheid biedt, kennis te maken met alle subtiele ins and outs om een schip zo zuinig mogelijk en economisch zinvol te voeren.

CO₂-benchmarkingsinstrument

Het CO₂-benchmarkingsinstrument biedt binnenvaartondernemingen een goede maatstaf voor de CO₂-productie van hun schip. Afgezien van historische reeksen van het brandstofverbruik en de CO₂-productie biedt dit instrument de gebruiker ook de mogelijkheid zijn schip te vergelijken met de markt (of een deel daarvan). Het benchmarkingsinstrument kan door de binnenvaartondernemingen ook worden gebruikt om hun verladers meer informatie te verstrekken over hun CO₂-productie. Het instrument wordt in 2012 ontwikkeld en zal in februari 2013 ter beschikking worden gesteld.

Prijsvraag

Welk schip is het schoonst? Dit is het uitgangsidee van de “Binnenvaart Brandstof CO₂mpetitie”. De schepen en hun bemanningen gaan een onderlinge competitie aan. Het is inderdaad bewezen dat van een wedstrijdverband een grote motivatie uitgaat om zo economisch mogelijk te varen. De schepen die aan deze competitie deelnemen brengen in het eerste jaar hun brandstofverbruik en CO₂-uitstoot met circa 20% terug. In de komende jaren zal het instrument in een benchmarktool worden veranderd, dat de deelnemers in staat stelt hun verbruik tegen de hele markt af te zetten.

Communicatie

Het centrale idee van “VoortVarend Besparen” is de schippers aan te zetten tot een economischer en milieuvriendelijker gedrag. Communicatie over de manier waarop de schippers deze doelstelling kunnen halen, is van grote betekenis. De volgende aspecten worden actief onder de aandacht van de doelgroepen gebracht:

- tips en trucs voor economisch varen;
- voorcalculatie van de economische winst;
- gebruik van technische hulpmiddelen.

Stakeholder-platform “Smart Steaming”

De maatregelen die leiden tot efficiënter varen worden gecommuniceerd door een stakeholder-platform, bestaand uit binnenvaartondernemingen en andere relevante belangenbehartigers. Het platform moet het programma “VoortVarend Besparen” door voldoende aandacht in de media en door de organisatie van events de nodige bekendheid geven.

Europese dimensie

De resultaten van het programma “VoortVarend Besparen” zijn zo positief dat andere Europese landen van de lancering van het programma zouden kunnen profiteren. De inhoud van het programma zou een meer Europese dimensie kunnen krijgen, terwijl het toch voor de huidige deelnemers aan het programma interessant blijft. In de andere landen zal de nadruk vooral op de opleidingsaspecten van “VoortVarend Besparen” komen te liggen.

Transportbrandstoffen van de toekomst
Rapport van de Europese Deskundigengroep over transportbrandstoffen van de
toekomst, januari 2011
Samenvatting en toelichting
(Overgenomen uit (Fuels 2011))

De tegenwoordig gebruikte transportbrandstoffen worden, met name in het wegvervoer, gedomineerd door olie (...), waarvan is aangetoond dat de voorraden nog voor ongeveer 40 jaar voldoende zijn (...). De verbranding van brandstoffen die verkregen zijn uit minerale olie leiden tot CO₂-emissies en ondanks het feit dat de brandstofefficiency van nieuwe voertuigen verbeterd is, zodat zij significant minder CO₂ uitstoten, is de totale CO₂-emissie als gevolg van vervoersactiviteiten tussen 1990 en 2008 met 24% gestegen, hetgeen gelijkstaat aan 19,5% van de totale broeikasgasemissies in de Europese Unie (EU).

De EU heeft zich tot doel gesteld de CO₂-emissies tot 2050 ten opzicht van het niveau in 1990 in totaal 80 à 95% terug te dringen (...). De decarbonisatie van het vervoer en de substitutie van olie als transportbrandstof hebben daarom beide dezelfde tijdshorizon van 2050. Zolang fossiele brandstoffen overheersen, moeten de transportefficiency en het beheer van de transporthoeveelheden ter ondersteuning van het terugdringen van de CO₂-emissies worden verbeterd, zodat uiteindelijk op de lange termijn de volledige energiebehoefte van de vervoerssector door beperkt beschikbare, hernieuwbare bronnen kan worden gedekt.

Alternatieve brandstoffen ter vervanging van aardolie als energiebron:

Elektriciteit/waterstof, en biobrandstoffen (vloeistoffen) als belangrijkste opties

Synthetische brandstoffen als een technologische overbrugging van fossiele brandstoffen naar brandstoffen op basis van biomassa

Methaan (aardgas en biomethaan) als bijkomende brandstoffen

LPG als aanvulling

Elektriciteit en **waterstof** zijn universele energiedragers die uit alle primaire energiebronnen kunnen worden gewonnen. Beide vormen kunnen in principe zonder CO₂ geproduceerd worden; de CO₂-intensiteit hangt af van de energiemix voor elektriciteit of waterstofproductie. Voor aandrijving wordt gebruik gemaakt van elektromotoren. De energievoorziening kan hoofdzakelijk op drie manieren geschieden :

Elektrische accu's, met elektriciteit van het net die aan boord van voertuigen in accu's wordt opgeslagen. De energietransfer tussen het net en de voertuigen vereist een nieuwe infrastructuur en aanvoermanagement. De toepassing beperkt zich tot het spoorvervoer en het wegvervoer over korte afstanden. Als allerhoogste prioriteit moeten er eerst tegen concurrerende prijzen accu's met een hoge energiedichtheid worden ontwikkeld en infrastructuur worden aangelegd voor het opladen van de accu's.

Brandstofcellen op basis van waterstof, die gebruikt worden om aan boord elektriciteit te produceren. De productie, distributie en opslag van waterstof vereist een nieuwe infrastructuur. In het lucht- en wegvervoer over lange afstanden is de toepassing eerder onwaarschijnlijk. De ontwikkeling van brandstofcellen tegen concurrerende prijzen, de opslag van waterstof aan boord en strategische infrastructuur om waterstof **bij te tanken** zijn prioritair.

Bovenleidingen / derde rail voor trams, metro, treinen en trolleybussen met rechtstreeks uit het net afkomstige elektriciteit zonder tussentijdse opslag.

Biobrandstoffen zouden technisch gezien bij de bestaande aandrijvingen en infrastructuur voor het bijtanken voor alle vervoersmodi een vervanging van olie kunnen vormen. Het gebruik van biomassa kan tevens synthetische brandstoffen, methaan en LPG decarboniseren. De eerste generatie biobrandstoffen zijn gebaseerd op traditionele gewassen, dierlijke vetten en afgewerkte huishoudelijke vetten. Hieronder vallen FAME-biodiesel, bio-ethanol en biomethaan. Geavanceerde en tweede generatie biobrandstoffen worden vervaardigd uit houtachtige energiegewassen, cellulose en afvalstoffen. Hieronder vallen bio-ethanol, HVO, hogere alcoholen, DME, BTL en biomethaan.

De productie van biobrandstoffen uit voedsel- en energiegewassen is beperkt vanwege de gelimiteerde beschikbaarheid van land, water, energie en nevenproducten die bij de oogst ontstaan, alsmede duurzaamheidoverwegingen, zoals de CO₂-levenscyclusbalans. De biobrandstoffen van de tweede generatie zijn bovendien gelimiteerd vanwege de beschikbaarheid van de genoemde grondstoffen.

De ontwikkeling van potentiële grondstoffen en geoptimaliseerde productieprocessen is absoluut prioritair. Een ondersteunend politiek kader op EU-niveau en geharmoniseerde normen voor de biobrandstoffen in de gehele EU zijn sleutelaspecten voor de toekomstige invoering van duurzame biobrandstoffen.

Synthetische brandstoffen, ter vervanging van diesel en vliegtuigbrandstoffen kunnen worden geproduceerd uit verschillende grondstoffen, waarbij biomassa, kolen of gas vloeibaar worden gemaakt tot respectievelijk BTL, CTL of GTL. Met waterstof behandelde plantaardige oliën (HVO) van een gelijksoortige paraffinehoudende aard, kunnen verkregen worden door plantaardige oliën en dierlijke vetten met waterstof te behandelen. Synthetische brandstoffen kunnen gedistribueerd, opgeslagen en gebruikt worden met behulp van de bestaande infrastructuur en bestaande interne verbrandingsmotoren. Zij bieden een kostengunstige optie ter vervanging van brandstoffen op basis van aardolie, met als perspectief een verbeterd rendement van het systeem als er motoren worden gebruikt die speciaal op synthetische brandstoffen zijn afgestemd. De ontwikkeling van fabrieken die op industriële schaal kostengunstig en concurrentieel synthetische brandstoffen uit biomassa vervaardigen, is absoluut prioritair, terwijl tegelijkertijd gestreefd moet worden naar een verdere verbetering van de CO₂-balans van GTL en met name ook CTL. DME (dimethylether) is een andere synthetische brandstof die via vergassing (synthetisch gas) uit fossiele grondstoffen of biomassa kan worden verkregen, maar deze brandstof vereist enkele aanpassingen aan de motor.

Methaan kan gewonnen worden uit aardgas of uit biomassa en afvalstoffen (biomethaan). Biomethaan zou bij voorkeur moeten worden bijgemengd in het aardgasnet. Voertuigen die op methaan rijden zouden dan uit één enkel net de brandstof moeten kunnen betrekken. Wel moet er een aanvullende infrastructuur worden gebouwd om geografisch voldoende mogelijkheden voor het bijtanken te bieden. Voor de aandrijving van de voertuigen kunnen interne verbrandingsmotoren worden gebruikt die vergelijkbaar zijn met die voor vloeibare koolwaterstoffen. Vloeibaar aardgas (CNG) is een minder voor de hand liggende optie, omdat hiervoor een hoge energiedichtheid vereist is. Vloeibaar gemaakt methaangas (LNG) zou in deze gevallen een andere, denkbare optie zijn. Geharmoniseerde normen voor het invoeren van biomethaan in het aardgasnet en de aanleg van tankstations hiervoor binnen de gehele EU zijn een absolute prioriteit.

LPG (Liquefied Petroleum Gas, vloeibaar petroleumgas) is een bijproduct van de minerale brandstofketen, waarvoor thans gebruik wordt gemaakt van aardolie en aardgas, maar in de toekomst wellicht ook van biomassa. LPG is momenteel de meest verspreide alternatieve brandstof in Europa, die goed is voor 3% van de brandstof voor personenwagens, oftewel vijf miljoen auto's. Met meer dan 27.000 tankstations voor de gebruikers is de infrastructuur in feite al voorhanden.

Eén enkel brandstofftype voor alle vervoermiddelen zou technisch haalbaar zijn in de vorm van vloeibare biobrandstoffen en synthetische brandstoffen. De beschikbaarheid van grondstoffen en duurzaamheidoverwegingen vormen evenwel een beperking op hun potentiële beschikbaarheid. De te verwachten energiebehoefte in de transportsector zal derhalve naar alle waarschijnlijkheid niet door één en dezelfde brandstof kunnen worden afgedekt. De vraag naar brandstoffen en de uitdagingen van de broeikasgassen zullen het gebruik van een grote verscheidenheid aan primaire energie vereisen. Men is het er in het algemeen over eens dat alle duurzame brandstoffen nodig zullen zijn om de te verwachten knelpunten in vraag en aanbod te overbruggen.

De belangrijkste alternatieve brandstoffen zouden in de gehele EU overeenkomstig een geharmoniseerde norm beschikbaar moeten zijn, zodat alle voertuigen zich vrij in de EU kunnen bewegen. De belangrijkste alternatieve brandstoffen en de dienovereenkomstige voertuigen zouden in de gehele EU op gelijke wijze gestimuleerd moeten worden om marktverstoringen te voorkomen en schaafeffecten mogelijk te maken, waardoor de alternatieve brandstoffen snel en overal op de markt geïntroduceerd kunnen worden.

De belangrijkste alternatieve, hier behandelde brandstoffen zouden geproduceerd moeten worden uit grondstoffen met een laag koolstofgehalte en op langere termijn geheel en al zonder koolstofaandeel. Een vervanging van aardolie in de transportsector door de hier genoemde belangrijkste alternatieve brandstoffen zal op den duur automatisch leiden tot een decarbonisatie van het transport als ook de energievoorziening gedecarboniseerd is. De decarbonisatie van het vervoer en de decarbonisatie van de energie moeten als twee complementaire strategische benaderingen worden beschouwd, die nauw gerelateerd zijn, maar los staan van elkaar en beide een verschillende technische aanpak vereisen, die op een consistente wijze dient te worden ontwikkeld.

De verschillende vervoerswijzen vereisen verschillende opties wat de alternatieve brandstoffen betreft:

Wegvervoer kan voor korte afstanden gebruik maken van een elektrische aandrijving. Waterstof of methaan bieden zich aan voor middellange afstanden en biobrandstoffen/synthetische brandstoffen, LNG en LPG zijn geschikt voor de lange afstanden.

Spoorwegen zouden altijd geëlektrificeerd moeten zijn of anders biobrandstoffen moeten gebruiken.

Luchtvaart zou voorzien moeten worden van uit biomassa vervaardigde kerosine.

Vervoer over water zou gebruik kunnen maken van biobrandstoffen (alle voertuigen), waterstof (binnenschepen en kleine schepen), LPG (kustvaart), LNG en kernenergie (maritiem).

(Opmerking van de auteur: Het rapport "Fuels" waarvan hierboven een becommentarieerde samenvatting is opgenomen, biedt een goed vertrekpunt voor een discussie over de in de toekomst in de binnenvaart gebruikte brandstoffen en de opstelling van een brandstofstrategie voor alle vervoersmodi. Het rapport lijkt echter slechts beperkt rekening te houden met de ontwikkelingen in de binnenvaart, zoals moge blijken uit het feit dat in de bovenstaande samenvatting LNG geheel en al buiten beschouwing blijft. Het rapport zou daarom in verbinding met **punt 11** van dit verslag moeten worden gelezen, waar de bijzondere kenmerken en actuele ontwikkelingen in de binnenvaart uiteen worden gezet.)

Regulerende maatregelen voor de bescherming van het klimaat in de zeevaart: EEDI, EEOI, SEEMP

“De algemene vergadering van de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) heeft door middel van Resolutie A.963(23) uit 2003 het Comité voor de bescherming van het mariene milieu (MEPC) de opdracht gegeven mechanismen voor de reductie van de broeikasgasemissies van de schepen te ontwikkelen. Het overeenkomstige werkprogramma liep tot het jaar 2011. Het MEPC ontwikkelde in dit kader in 2008 technische en operationele reguleringsinstrumenten:

- de Energie Efficiëntie Ontwerp Index (Energy Efficiency Design Index - EEDI) met betrekking tot de technische maatregelen voor de emissiereductie,
- de Energie Efficiëntie Operationele Indicator (Energy Efficiency Operational Indicator – EEOI) met betrekking tot een CO₂-arme scheepsexploitatie,
- het Scheepsenergie Efficiëntie Management Plan (Ship Energy Efficiency Management Plan - SEEMP).

Een voorlopige methodiek voor de berekening van de EEDI en de opstelling van het SEEMP werd in 2009 overeengekomen, maar nog niet definitief aangenomen. In het kader van de vergadering MEPC 60 in 2010 werd afgesproken de EEDI en het SEEMP verplicht onder MARPOL Annex VI in te voeren.

De EEDI brengt de klimaatefficiëntie van een scheepsontwerp tot uitdrukking. Aan de hand van de EEDI worden de emissies van een schip – berekend op basis van het voortstuwingsvermogen en het specifieke brandstofverbruik – afgezet tegen de transportcapaciteit (= laadcapaciteit x snelheid) door toepassing van de volgende formule: g CO₂ / tsm capaciteit (in de regel capaciteit als laadvermogen). De EEDI wordt voor elk schip in de teller aangevuld met factoren die rekening houden met de inzetomstandigheden, de specifieke ontwerpelementen en de beschikbaarheid van innovatieve technologieën inzake de energie-efficiëntie:

$$EEDI = \frac{Power * spec. fuel cons. * Emission factor}{Capacity * Speed}$$

De EEDI brengt de uitstoot van een schip onder exact gespecificeerde bedrijfs- en inzetomstandigheden tot uitdrukking als de “ontwerp-EEDI”, die in het kader van de classificatie wordt vastgesteld en die alleen wordt aangepast als het ontwerp een wijziging ondergaat. Een verplichte “baseline-EEDI” moet als regressiecurve door de IMO worden vastgesteld aan de hand van de gegevens van de bestaande vloot voor de verschillende scheepstypen. De baseline moet vervolgens in de toekomst stapsgewijs worden verlaagd. (...)

Deze benadering komt slechts ontoereikend tegemoet aan het veelvoud aan scheepstypen. Ook de mogelijke verbetering van de EEDI van een schip ten koste van de veiligheid (zoals een ontoereikende vermogensreserve of een gereduceerd staalgewicht) roept nog vragen op. De index wordt globaal genomen als een goede indicator voor de energie-efficiëntie van een ontwerp beschouwd, die echter nog niet volledig is uitgerijpt en nog nadere evaluatie behoeft. (...) In juni 2010 werd een eerste EEDI-certificaat door de Duitse Lloyd voor een containerschip van Hapag Lloyd toegekend. (...)

De toepassing van de EEDI is alleen voor nieuwbouwschepen verplicht voorgeschreven en het grootste gedeelte van de vloot blijft om deze reden uitgezonderd. (...)

Aan de Energie Efficiëntie Operationele Indicator (EEOI) ligt dezelfde gedachte van de verhouding tussen de kosten (emissies) en de baten ten grondslag als voor de EEDI. De EEOI wordt als volgt gedefinieerd:

$$EEOI = \frac{\sum_i FC_i \times C_{\text{carbon}}}{\sum_i m_{\text{cargo},i} \times D_i}$$

waarin:

- FC_i – Brandstofverbruik voor reis i;
- C_{carbon} – Koolstofgehalte van de brandstof;
- m_{cargo,i} – Ladinghoeveelheid op reis i;
- D_i – Lengte van reis i.

De eenheid van de EEOI is g CO₂ per mijl vervoerde lading (in de regel t, maar andere eenheden zijn mogelijk). De hoogte van de EEOI is dan ook in hoge mate afhankelijk van de effectieve benutting van het laadvermogen van een schip en varieert om deze reden met de scheepvaartconjunctuur. De index ondergaat tevens aanzienlijke variaties onder invloed van de eigenschappen en de samenstelling van de lading, zodat de berekening van een verplichte grenswaarde nauwelijks mogelijk lijkt. Een ander probleem is dat de uitstoot die door de inzet van een schip wordt gegenereerd afhankelijk is van de beslissingen die door de bevrachter, en niet door de reder, worden genomen. De IMO beveelt om deze reden de EEOI aan als een vrijwillige maatregel voor de beoordeling van de prestatie van een schip door de reder en de exploitant. (...)

Het Scheepsenergie Efficiëntie Management Plan (SEEMP) moet een gestructureerd kader (“framework”) voor een energie-efficiënte scheepsexploitatie zijn, dat voor de monitoring van de prestatie van het schip en de bepaling van mogelijke verbeteringen dient. Het SEEMP verwijst hiervoor – onder andere – naar de volgende maatregelen:

- optimalisering van de vaarplanning op basis van het weer, de stromingen en de getijden;
- optimalisering van de trim;
- monitoring en onderhoud van de romp en de schroef;
- bewaking en optimalisering van de scheepsparameters in realtime. (...)

Het SEEMP volgt in dit kader de gedachte van de continue verbeteringskringloop met de volgende fasen:

1. planning (“plan”);
2. implementatie (“do”);
3. prestatie-monitoring en zelfbeoordeling (“check”);
4. verbetering (“act”).

De EEOI kan voor de monitoring in het SEEMP worden betrokken. Het SEEMP sluit aan op de mechanismen die in de code ISM (International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention) worden voorzien. (...) De verplichte aanwezigheid van de betreffende documenten aan boord is voorzien, maar geen inhoudelijke meldingsplicht.

De mogelijke efficiëntie van de reguleringsopties wordt als volgt ingeschat:

- een verplichte grenswaarde van de EEDI voor nieuwbouwschepen is een kostenefficiënte oplossing met een werking die tot de groei van de wereldhandelsvloot wordt beperkt (zie de eerder beschreven punten van kritiek);
- de verplichte of vrijwillige rapportage over de EEOI sorteert alleen effect in combinatie met aansporingssystemen;
- het verplichte of vrijwillige gebruik van een SEEMP is een instrument dat het bewustzijn voor kostenefficiënte emissiereducerende maatregelen verscherpt, maar dat op zich niet tot een emissieverlaging leidt;
- de verplichte grenswaarden voor de EEOI-waarde in samenhang met sancties zouden bijzonder effectief zijn, maar in technisch opzicht uiterst moeilijk in te voeren. (...) (Jahn 2010a)

Scenario's van de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart

De politiek, bijvoorbeeld de Europese Commissie, formuleert doelen voor de reductie van de broeikasgasemissies – hetzelfde doet de Europese scheepvaartbranche. Deskundigen hebben een groot aantal maatregelen in kaart gebracht die kunnen bijdragen aan de vermindering van het energieverbruik en de broeikasgasemissies. Maar is het reductiepotentieel van deze maatregelen toereikend om de gepostuleerde emissieverminderingdoelen te halen?

Om een eerste voorlopig antwoord op deze vraag te vinden, wordt hier een eenvoudig rekenkundig model voor inschatting van de absolute hoeveelheid broeikasgasemissies door de binnenscheepvaart gepresenteerd. Het model biedt de mogelijkheid om de emissiereductie aanschouwelijk te maken in het licht van de verschillende categorieën van maatregelen. In een tweede stap worden vervolgens op basis van ruwe schattingen van verschillende reductiemogelijkheden denkbare scenario's voor de ontwikkeling van broeikasgasemissies in de binnenvaart gepresenteerd en besproken. Het model beperkt zich voornamelijk tot het vrachtvervoer door de binnenvaart. A priori zou er echter naar gestreefd moeten worden, de database met de passagiersscheepvaart aan te vullen, zodat het aandeel van dit segment in de totale emissie van de binnenvaart eveneens op betrouwbare wijze kan worden ingeschat.

Het model voor de inschatting van de totale emissies van de goederenvaart dat de daadwerkelijke verbanden slechts sterk vereenvoudigend weergeeft, houdt rekening met de volgende parameters:

- ontwikkeling van de vervoerscapaciteit (exponentieel),
- reductiepotentieel voor het energieverbruik door middel van technische maatregelen (summiere, grove schatting),
- reductiepotentieel voor het energieverbruik door bedrijfsmatige maatregelen (summiere, grove schatting),
- reductiepotentieel voor het energieverbruik door toename van het gemiddelde draagvermogen van de schepen (summiere, grove schatting),
- reductiepotentieel voor broeikasgasemissies door gebruik van LNG,
- reductiepotentieel voor broeikasgasemissies door gebruik van biobrandstoffen (summiere, grove schatting),
- reductiepotentieel voor broeikasgasemissies door gebruik van elektrische energie inclusief waterstof en e-gas (summiere, grove schatting).

Het rekenmodel en de scenario's gaan alleen uit van de CO₂-emissies. Andere broeikasgassen zijn omgerekend in CO₂-equivalenten. (Dit betreft met name methaan.) De formule voor de modelberekening is hieronder weergegeven en in **tabel 17** worden de gehanteerde parameters en de benamingen uitgelegd.

$$C_{\text{Toekomst}} = L_{\text{Basis}} * (1 + x)^n * C_{\text{Basis}} * (1 - r_T) * (1 - r_O) * (1 - r_D) * [(1 - r_{\text{LNG}}) * G_{\text{LNG}} + (1 - r_{\text{Bio}}) * G_{\text{Bio}} + (1 - r_{\text{EE}}) * G_{\text{EE}} + (1) * G_{\text{Olie}}]$$

Tabel 17: In het model voor de emissiescenario's gehanteerde parameters en benamingen

Indices		
	Voor de aanduiding van	Toelichting
T	Techniek	Ter aanduiding van het reductiepotentieel
O	Bedrijf	
D	Draagvermogen	
Olie	Olie (diesel, gasolie)	Ter aanduiding van het reductiepotentieel en het aandeel in de totale hoeveelheid verbruikte energie
LNG	Vloeibaar aardgas	
Bio	Biobrandstoffen	
EE	Elektrische energie	
Basis	Referentieparameter, referentiejaar	Ter aanduiding van de vervoersprestatie in de uitgangssituatie
Toe-komst	streefdoel, doeljaar	Ter aanduiding van de totale emissies in het doeljaar

Parameters			
	Situatie	Maat- eenheid	Toelichting
L	Vervoersprestatie	tkm	Goederenvervoerprestatie van de binnenvaart per jaar
C	Massa broeikasgasemissies	t	Totale emissies CO ₂ per jaar
c	Specifieke broeikasgasemissies	g/tkm	
r	Reductiefactor		Ter specificatie van reductiemogelijkheden; bijv. 10% minder emissie betekent $r = 0,1$
G	Genormeerd totale hoeveelheid in de scheepvaart verbruikte energie		Ter beschrijving van de aandelen van de verschillende energiedragers in het totale energieverbruik; de som van de aandelen is 1
x	Gemiddelde jaarlijkse toename van de vervoersprestatie		Ter specificatie van het gemiddelde toenamepercentage; bijv. een met 2% toegenomen vervoersprestatie betekent $x = 0,02$
n	Aantal jaren		Aantal jaren tussen het referentiejaar (uitgangsjaar) en het waarnemingsjaar (doeljaar)

Het model wordt gebruikt om twee scenario's voor de West-Europese binnenvaart te beschrijven, het ene met een conservatieve schatting van het reductiepotentieel, het andere met een optimistische inschatting. In het model worden beide scenario's doorgerekend en wel zowel voor een geringe toename van de vervoersprestatie als voor een grotere toename. Voor de geringe toename wordt 1% per jaar gepostuleerd, wat ongeveer overeenkomt met de prognoses voor de ontwikkeling van de vervoersprestatie in Duitsland (Prograns 2007) (ITP and BVU 2007). Voor de grotere toename wordt uitgegaan van 3%, wat exact overeenkomt met de doelstelling van de Europese Commissie ten aanzien van de aandelen in de modale split voor de binnenvaart (EU 2011b). Als uitgangs- of referentiejaar is in beide 2010 gekozen en als meet- of doeljaar 2050.

Voor de constante parameters in de scenario's worden de volgende waarden gehanteerd: $L_{\text{Basis}} = 120$ mrd. tkm; $c_{\text{Basis}} = 25$ g/tkm; $n = 40$. De vervoersprestatie die als basis wordt aangenomen, stemt overeen met de laatste gegevens die voor de belangrijke binnenvaartlanden in West-Europa beschikbaar zijn. De waarde voor de specifieke emissies is een ruwe schatting die nog moet worden geverifieerd. (zie hiervoor **punt 5.1.**)

In de scenario's worden voor de variabele parameters de in **tabel 18** vermelde waarden gehanteerd. De schattingen voor het besparingspotentieel weerspiegelen de conclusies uit de constatering in de **punten 8, 9 en 10** van dit rapport. Voorts wordt aangenomen dat de uitbreiding van de vloot nog ca. twee decennia zal aanhouden, voordat deze haar grenzen bereikt. Deze grenzen resulteren uit economische/logistieke aspecten, maar ook uit de dimensies van de waterwegen en de toegelaten scheepsafmetingen. Tevens wordt ervan uitgegaan dat bij een grotere vraag naar binnenvaartvervoer het gemiddelde draagvermogen van de schepen hoger zal komen te liggen, omdat dan de betere economische situatie meer investeringen in nieuwe en dus doorgaans grote schepen mogelijk maakt.

Tabel 18: Variabele parameters die in de verschillende scenario's gehanteerd worden

	Conservatief scenario		Optimistisch scenario	
	Groei laag	Groei hoog	Groei laag	Groei hoog
X	0,01 (1%)	0,03 (3%)	0,01 (1%)	0,03 (3%)
r_T	0,2 (20%)		0,4 (40%)	
r_O	0,1 (10%)		0,3 (30%)	
r_D	0,2 (20%)	0,4 (40%)	0,2 (20%)	0,4 (40%)
r_{LNG}	0,1 (10%)		0,1 (10%)	
r_{Bio}	0,35 (35%)		0,6 (60%)	
r_{EE}	0,7 (70%)		0,9 (90%)	
G_{LNG}	0,5 (50%)		0,5 (50%)	
G_{Bio}	0,15 (15%)		0,4 (40%)	
G_{EE}	0,05 (5%)		0,1 (10%)	
G_{Olie}	0,3 (30%)		0 (0%)	

Tabel 19 toont de resultaten van de extrapolaties. De emissies voor de uitgangssituatie (basis, 2010) en het doeljaar zijn in absolute hoeveelheden aangegeven. Voor het doeljaar zijn voor de verschillende scenario's tevens de procentuele veranderingen ten opzichte van het uitgangsjaar (basis) aangegeven. Op grond van het eenvoudige model en de ruw geschatte uitgangsparemeters kunnen de resultaten nauwelijks meer dan een tendens laten zien.

Tabel 19: Ruwe schatting van de totale **operationele** emissies CO₂ door de binnenvaart in West-Europese landen voor verschillende scenario's

Scenario		Groei	Totale operationele emissies CO ₂	
			in ton per jaar	Verandering ten opzichte van de referentiewaarde
2010	Basis		3.000.000	
2050	Conser- vatief	Laag	2.220.000	- 26%
		Hoog	3.650.000	+ 22%
	Opti- mistisch	Laag	930.000	- 69%
		Hoog	1.529.000	- 49%

Hoe moeten de in tabel 19 weergegeven resultaten voor de schematische berekeningen worden geïnterpreteerd? Bij het conservatieve scenario, waarbij de emissieverminderingen vooral het gevolg zijn van het gebruik van LNG en een toename van het gemiddelde draagvermogen van de schepen, blijven de totale emissies ook bij een toename van de vervoersprestatie vrijwel gelijk. Bij een geringe toename van de vervoersprestatie, leiden de reductiemaatregelen tot een overcompensatie van de toename van de emissies vanwege de hogere vervoersprestatie, terwijl de totale uitstoot ongeveer een kwart afneemt. Bij een grotere vervoersprestatie is een compensatie niet meer mogelijk en stijgt de totale emissie bijna een kwart. Bij het optimistische scenario daarentegen, waarbij gasolie vrijwel volledig door alternatieve brandstoffen wordt vervangen, nemen de emissies bij een geringe stijging van de vervoersprestatie met ongeveer twee derde en bij een grotere toename van de vervoersprestatie met ongeveer de helft af. Daaruit lijken de volgende conclusies te kunnen worden getrokken:

- Een brede toepassing van de momenteel al her en der aangewende technische en bedrijfsmatige energiebesparingsmaatregelen, inclusief het gebruik van LNG als brandstof en een verdere toename van de gemiddelde scheepsgrootte bieden de mogelijkheid om de operationele emissies van broeikasgas in de binnenvaart ook bij een continue toename van het goederenvervoer op een min of meer constant niveau te houden.
- Een duidelijke reductie van de absolute hoeveelheid operationele broeikasgasemissie in de binnenvaart bij een gelijktijdige toename van het goederenvervoer zal mogelijk zijn, wanneer op grote schaal naast LNG ook biobrandstoffen en brandstoffen afkomstig uit regeneratieve energiebronnen worden ingezet.

Het bovenstaande rekenmodel is zeer eenvoudig van opzet en de scenario's berusten op ruwe schattingen. Om die reden verdient het aanbeveling om het model door wetenschappers en met name ook door deskundigen uit de diverse betrokken bedrijfstakken te laten valideren. Vervolgens zou dit model een belangrijk instrument voor de ontwikkeling van klimaatbeschermingsdoelen, van strategieën, bijv. ten aanzien van toekomstige brandstoffen voor de binnenvaart, en van programma's voor een klimaatvriendelijke binnenvaart kunnen worden.

In het bovenstaande voorbeeld werd het model gebruikt om scenario's voor de West-Europese binnenvaart ontwikkelen. Door uit te gaan van andere parameters kan het ook voor specifieke vaargebieden of voor kleine vloten worden gebruikt. Voor de opstelling van scenario's voor waterwegen waar alleen kleine schepen kunnen varen, zou bijvoorbeeld moeten worden uitgegaan van een slechts geringe, of zelfs geheel achterwege blijvende toename van het laadvermogen van de schepen.

Bronvermelding

- ADEME (2006). Etude sur le niveau de consommation de carburant des unites fluviales francaises, ADEME, VNF, TL&A.
- Ahrens, R. (2011). Biokraftstoffe sind weltweit ein Hit. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI. **36**.
- Alvik, S., M. Eide, et al. (2010). Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030. Høvik, Norway, DNV (Det Norske Veritas AS).
- Andersen, P. (2011). Reduzierung der CO₂-Emissionen durch dieselelektrische Antriebe des Neubaus eines Kabinenschiffes. CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt - Wie sind sie zu messen? Wie zu reduzieren? Strasbourg, Zentralkommission für die Rheinschifffahrt: 12.14.2011.
- Arntz, H. J. G. J. (2010). IVR Report on the impact on implementaion of low sulphur fuel in seagoing per 1-1-2010 and inland navigation per 01-01-2011 from a practice viewpoint. Rotterdam, IVR.
- BMW (2010). Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung
28. September 2010. Berlin, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- Borken-Kleefeld, J. and R. Sausen (2011). "Wieviel tragen "klassische" Luftschadstoffe zu globalen Erwärmung bei?" Internationales Verkehrswesen **63**(1).
- Brons, M. and P. Christidis (2011). External cost calculator for Marco Polo freight transport proposals.
- Buhag, Ø., J. J. Corbett, et al. (2009). Second IMO GHG Study 2009. London UK, International Maritime Organization (IMO).
- Bundesregierung (2004). Die Kraftstoffstrategie - Alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe. Berlin, Presse und Informationsamt der Bundesregierung.
- CEMT (2000). Sustainable Transport Policies. C. o. Ministers. Paris, European Conference of Ministers of Transport.
- Christophel, C. D. (2011). Reduzierung der CO₂-Emissionen durch diesel-elektrische Antriebe am Beispiel eines bestehenden Motorgüterschiffes. CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt - Wie sind sie zu messen? Wie zu reduzieren? Strasbourg.
- Commission, E. (2011). Roadmap to a Resource Efficient Europe. Brussels.
- Consuegra, S. C. and M. S. M. Paalvast (2010). Sustainability in Inland Shipping, The use of LNG as Marine Fuel. Delft, Delft University of Technology.
- Contargo (2011). Der CO₂ Fussabdruck eines Containertransports. Contargo.
- Croo, H. (2011). Parallel Workshop 3 - Propulsion-related measures to reduce the CO₂ emissions from inland navigation. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Csutora, M. (2012). "One More Awareness Gap? The Behaviour-Impact Gap Problem." Journal of Consumer Policy **35**.
- de Grave, H. and M. Van Wirdum (2006). Brandstofbesparende en CO₂-reducerende technieken in de binnenvaart. B. I. Binnenvaart and SenterNovem. Rotterdam, Bureau Innovatie Binnenvaart.
- de Jong, J. (2010). Electric ship. Barge to Business. Brussels.
- de Schepper, K. (2011). Parallel Workshop 1 - Methods to determine the CO₂ emissions from inland navigation. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? - Workshop of the CCNR. Strasbourg.
- de Vries, A. J. (2012). Programm „Smart Steaming“. G. Pauli.
- de Wilde, H. and E. Weijers (2008). Schone rondvaart Amsterdam - Een verkenning van technische en beleidsmatige mogelijkheden, ECN.
- den Boer, E., M. Otten, et al. (2011). STREAM International Freight 2011 - Comparison of various transport modes on a EU scale with the STREAM database. Delft, CE Delft.
- DENA (2011). Entwicklung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für Deutschland –Voruntersuchung. Berlin, Deutsche Energie-Agentur.
- Denier van der Gon, H. and J. Hulskotte (2010). Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands - A documentation of currently used emission factors and data on related activity. BOP reports. AH Bilthoven, The Netherlands, Netherlands Environmental Assessment Agency, (PBL).
- Eder, S. W. (2011). Klage auf Schadensersatz wegen CO₂-Emissionen. VDI-Nachrichten. Düsseldorf, VDI-Verlag.

- Elkins, P., F. Kesicki, et al. (2011). Marginal Abatement Cost Curves: A call for caution. London, UCL Energy Institute.
- Essen, v., Rijke, et al. (2009). Modal split and decoupling options. Paper 5 produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc.
- EU (2011a). White Paper - Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system – Presidency's Synthesis of Member States' views, Council of the European Union.
- EU (2011b). White Paper 'Roadmap to a single European transport area — Towards a competitive and resource-efficient transport system'. E. C.-I. f. E. a. Sustainability. Luxembourg, Publications Office of the European Union.
- EU (2011d). COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT - Accompanying the White Paper - Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Brussel, European Commission.
- EU (2012). Towards "NAIADES II" - Promoting, greening and integrating inland waterway transport in the single EU transport area. E. Commission. Brussels, European Commission.
- EU (2012a). Vorschlag für eine RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren und zur Änderung der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. E. Kommission. Brüssel.
- Eurostat. (2009). "Transport modal breakdown." Retrieved 12.8., 2011, from http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Transport_modal_breakdown.
- Faber, J., B. Behrends, et al. (2011). Analysis of GHG Marginal Abatement Cost Curves. Delft, CE Delft.
- Fuels (2011). Future Transport Fuels, European Expert Group on Future Transport Fuels.
- Fuels (2011a). Infrastructure for Alternative Fuels. E. E. G. o. F. T. Fuels.
- Geerts, S., B. Verwerft, et al. (2010). Improving the efficiency of small inland vessels. European Inland Waterway Navigation Conference. Baja, Hungary.
- Georgakaki, A. and S. C. Sorenson (2004). Report on Collected Data and Resulting Methodology for Inland Shipping. Lyngby, Denmark, Technical University of Denmark.
- Geringer, B. and W. K. Tober (2010). auto-umwelt.at. Wien, Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugtechnik (ÖVK).
- Guesnet, T. (2011). Energy efficiency of inland water ships - and how to improve it. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Hausberger, S. N₂O aus mobilen Quellen. ACCC-Workshop „N₂O und das Kyoto-Ziel.
- Hazeldine, T., A. Pridmore, et al. (2009). Technical Options to reduce GHG for non-Road Transport Modes. Paper 3 produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc. EU Transport GHG: Routes to 2050?, European Commission.
- Heidelberg, I.-., Öko-Institut, et al. (2011). "Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports, Methodology and Data Update." Retrieved 13 October 2012, from http://www.ecotransit.org/download/ecotransit_background_report.pdf.
- Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, et al. (1996). Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press; Published by the Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Ickert, L., M. Ulrike, et al. (2007). Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050. Basel, prograns.
- IEA (2011a) "The age of cheap energy is over, IEA Executive Director warns."
- IEA (2011b) "Biofuels can provide up to 27% of world transportation fuel by 2050, IEA report says - IEA 'roadmap' shows how biofuel production can be expanded in a sustainable way, and identifies needed technologies and policy actions."
- IFEU (2011). Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports, IFEU Heidelberg, Öko-Institut, IVE/RMCON.
- IMO (2009). Report of the Marine Environment Protection Committee on its Fifty-Ninth Session London, IMO.
- INE, EBU, et al. (2011). Setting the course - A new transport policy. E. S. O. European Barge Union, Inland Navigation Europe. Brussels.

- ITP and BVU (2007). Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025 - Kurzfassung. München/Freiburg.
- Jahn, C. (2010). Klimaschutz und Seeschifffahrt. Bonn, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- Jahn, C. (2010a). Regulierungsmaßnahmen zum Klimaschutz in der Seeschifffahrt: EEDI, EEOI, SEMP. Bonn, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung
- Jansen, F., I. Jansen, et al. (2010). VOF AMULET -ECOTANKER: Sail the Green way, and reduce CO₂. Barge to Business. Brussels.
- Kammertöns, O. (2011). CO₂ reduction due to "topography orientated" voyage-planning and navigation - Prerequisites of ship handling simulators as training tool. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Kampman, B., X. Rijkee, et al. (2009). Operational options for all modes. Paper 4 produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc.
- Knörr, W., C. Heidt, et al. (2011). Aktualisierung der Emissionsfaktoren und Verkehrsleistungen von Binnenschiffen und Übertragung ins TREMOD-Programm -Endbericht. Heidelberg, IFEU Öko-Institut e.V.
- Knörr, W. u. M. v. K., F., Lambrecht, U. und Schacht, A. (2010). Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030 IFEU Heidelberg für Umweltbundesamt.
- Koopmans, M. (2011). CO₂-Reduction of InlandNavigationin The Netherlands. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Krijgsman, M. (2010). Hydrogen for inland ships. Barge to Business. Brussels.
- Kruse, C., A. Protopapas, et al. (2009). Modal Comparison of Domestic Freight Transportation – Effects on the General Public. USA, U.S. Maritime Administration and the National Waterways Foundation; Texas Transportation Institute, Center for Ports & Waterways, The Texas A&M University System, College Station, Texas.
- Lenz, H. P., B. Illini, et al. (2004). Neue Prognose der Abgasemissionen in Deutschland und europäische Perspektiven. Innovative Fahrzeugantriebe, Dresden, VDI Verlag.
- Lutz, A. and E. D. Gilles (2011). Reduction of Fuel Consumption by Using Automatic Path-Following Systems. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- McKinnon, A. and M. Piecyk (2010). Measuring and Managing CO₂ Emissions of European Chemical Transport, CEFIC.
- Miola, A., B. Ciuffo, et al. (2010). Regulating Air Emissions from Ships - The State of the Art on Methodologies, Technologies and Policy Options. Luxembourg, European Commission, Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability.
- Müller-Wondorf (2012). Bei Post und Bahn stehen die Logistikweichen auf Grün. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI. **22**.
- NEA, Planco, et al. (2012). Medium and Long Term Perspectives of IWT in the European Union. Zoetermeer, The Netherlands.
- NOAA. "The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI)." from www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/.
- OECD (2002). OECD Guidelines towards Environmentally Sustainable Transport. Paris, OECD Publishing: 56.
- Panteia, PLANCO, et al. (2012). Inception Report - Contribute to the Impact Assessment of
- Pauli, G. (2010). "Sustainable transport: A case study of Rhine navigation." Natural Resources Forum **34**: 18.
- PLANCO (2007). Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Bahn und Wasserstraße; Schlussbericht. Magdeburg, PLANCO Consulting GmbH, Essen, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- PLATINA (2009). Innovation database.
- Progtrans (2007).
- Renner, V. (2005). "Modernisierung der Binnenschiffsflotte - Chancen und Möglichkeiten einer beschleunigten Implementierung technischer Neuerungen in bestehende Binnenschiffe." Binnenschifffahrt - ZfB.
- Renner, V. and W. Bialonski (2004). Technische und wirtschaftliche Konzepte für flußangepaßte Binnenschiffe. Duisburg, Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V.
- Reuss, I. (2012). Mobilität der Zukunft hat viele Facetten. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI **42**.

- Savelkoul, D. (2011). EconomyPlanner. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Scherm, P. (2011). Engine manufacturers' considerations on Emissions Reduction in Inland Waterway Transport. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them?. Strasbourg.
- Schilperoord, H. A. (2004). Binnenvaart voortdurend duurzaam – Environmental Performance of Inland Shipping. Arnheim, Royal Haskoning for Centraal Bureau Rijn- en Binnenvaart Koninklijke Schuttevaer.
- Schreyer, C., C. Schneider, et al. (2004). External Costs of Transport, Update Study, INFRAS und IWW (Universität Karlsruhe).
- Schroten, A., H. van Essen, et al. (2010). External and infrastructure costs of freight transport Paris-Amsterdam corridor - Deliverable 1: Overview of costs, taxes and charges. Delft.
- Schuh, H. (2011). Biostrom, nein danke! Zeit Online.
- Schulze, M. (2012). Power-to-Gas: Wirkungsgrad konkurrenzfähig. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI. **10**.
- Schweighofer, J. (2011). Parallel Workshop 2 – Hydrodynamic measures to reduce the CO₂ emissions from inland navigation. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Seum, S., C. Bahlke, et al. (2011). Umweltschonender Schiffsbetrieb - PROSA Studie zum RAL Umweltzeichen UZ 110. Berlin, Freiburg, Öko-Institut.
- Shuto, H. (2011). Super Eco Inland Vessels, Line –Shaft Contra Rotating Propellers with Diesel Electric Propulsion System. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them?. Strasbourg.
- Söhngen, B., S. Knight, et al. (2008). Considerations to reduce environmental impacts of vessels.
- Solomon, S., D. , M. Qin, et al. (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.
- Spielman, M., M. Faltenbacher, et al. (2010). Energiebedarfs- und Emissionsvergleich von LKW, Bahn und Schiff im Güterfernverkehr. Leinfelden – Echterdingen, Deutschland: 56.
- ten Broeke, I. (2011). Parallel Workshop 4 - Operational measures to reduce the CO₂ emissions from inland navigation. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Trechow, P. (2012). Biokraftstoffhersteller in der Offensive. VDI nachrichten. Düsseldorf, VDI. **10**.
- Uherek, E., T. Halenka, et al. (2010). "Transport impacts on atmosphere and climate: Land transport." Atmospheric Environment **44**(37): 4772-4816.
- UNECE. (2012). "CO₂ emissions from inland transport: statistics, mitigation policies, and modelling tools." from <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/themes/2012 - UNECE - Global Status Report October 2012 - final version.pdf>.
- UNEP. (2011). "Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication - A Synthesis for Policy Makers." Retrieved 19.5.2011, 2011, from www.unep.org/greeneconomy.
- van der Meij, K. (2011). CO₂ emission reduction by hull form optimisation using CFD. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Van Essen, H. and E. den Boer (2012). Assessment of external costs of inland waterway transport in the Marco Polo Calculator. Delft.
- van Kempen, D. (2010). Smart Steaming. Barge to Business. Brussels.
- van Terwisga, P. (2011). Air Lubrication as a means to reduce Cost and CO₂ emissions in Inland Shipping. Inland Navigation CO₂ emissions - How to measure them? How to reduce them? Strasbourg.
- Veen, D. (2012). Does Greening Pay off? Barge to Business. Vienna.
- Verbeek, R., G. Kadijk, et al. (2011). Environmental and Economic aspects of using LNG as a fuel for shipping in The Netherlands. Delft, TNO: 48.
- Vogt-Schilb, A. and S. Hallegatte (2011). When Starting with the Most Expensive Option Makes Sense - Use and Misuse of Marginal Abatement Cost Curves. Policy Research Working Paper, The World Bank.

- Wittenbrink, P. and G. Gburek (2009). Green Logistics als Gewinner-Thema in stürmischen Zeiten, Ergebnisse einer Befragung der Dualen Hochschule Baden-Württemberg mit dem Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (BME). Frankfurt/Lörrach Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e.V. (BME); Duale Hochschule Baden-Württemberg Lörrach.
- ZKR and EK (2009). Marktbeobachtung Nr. 7. Europäische Binnenschifffahrt - Marktbeobachtung. Strasbourg. 2008-I.
- Zoer, S. (2011). Energielabel binnenvaart, Verkennend onderzoek. Utrecht, ECOFYS.
- Zöllner, J. (2009). Strömungstechnische Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von Binnenschiffen. ZKR Kongress „Rheinschifffahrt und Klimawandel“. Bonn.
