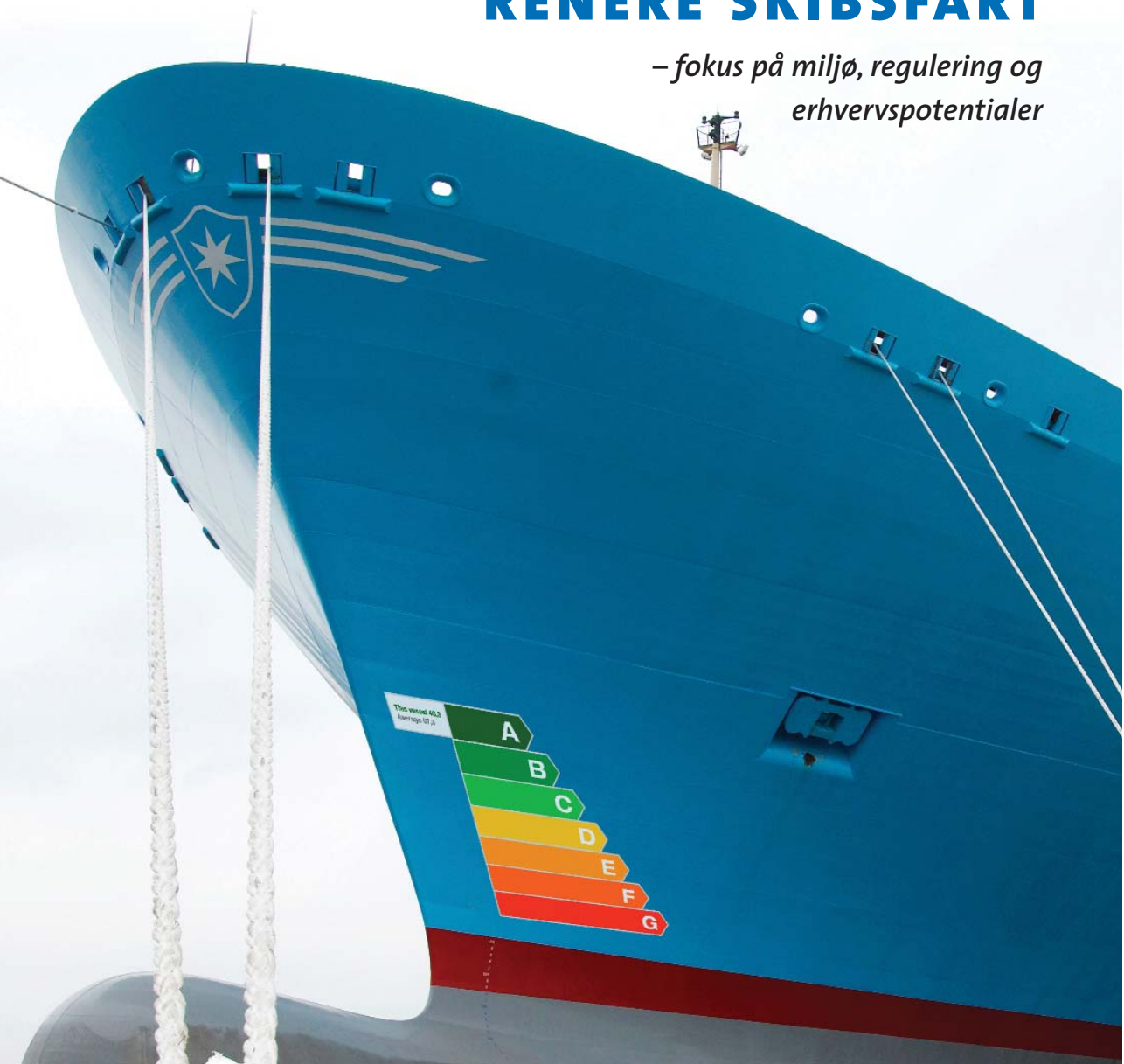


# RENERE SKIBSFART

*– fokus på miljø, regulering og  
erhvervspotentialer*



**DET ØKOLOGISKE RÅD**  
Fremtidens miljø skabes i dag

## Indhold

- Luftforurening fra skibsfart · side 3
- Miljø- og sundhedseffekter · side 5
- Tekniske løsninger · side 12
- Nuværende regulering · side 20
- Yderligere regulering · side 24
- Erhvervspotentialer · side 28
- Anbefalinger · side 30
- Hvis du vil vide mere · side 31

ISBN: 978-87-92044-23-5

Tekst: Kåre Press-Kristensen og Christian Ege, Det Økologiske Råd

Layout: Designkonsortiet, Hanne Koch

Tryk: Økotryk, trykt efter svanemærkede principper

Udgave: 1 udgave, 1. oplag – juni 2011

Hæftet kan læses og downloades fra Det Økologiske Råds hjemmeside: [www.ecocouncil.dk](http://www.ecocouncil.dk)

Hæftet er gratis og kan bestilles hos Det Økologiske Råd mod betaling af porto og ekspedition.

Billeder: Danmarks Rederiforening og Mærsk Line

Citering, kopiering og øvrig anvendelse af hæftet er meget ønskelig og kan frit foretages med angivelse af kilde.

Hæftet er støttet af Den Danske Maritime Fond, Energisparepuljen (Dansk Energi Net) og Undervisningsministeriet.

Udgivet af



**DET ØKOLOGISKE RÅD**  
Fremtidens miljø skabes i dag

Blegdamsvej 4B,  
2200 København N  
Tlf. 33 15 09 77  
[info@ecocouncil.dk](mailto:info@ecocouncil.dk)  
[www.ecocouncil.dk](http://www.ecocouncil.dk)

# LUFTFORURENING FRA SKIBSFART

Skibsfarten står for omkring 90 procent af den globale varetransport og udgør derved fundamentet for den fortsat stigende internationale handel. Men skibsfartens markante volumen betyder samtidig, at skibsfarten bidrager med omkring 3 procent af den globale CO<sub>2</sub>-udledning. Skibsfarten giver derved et betydeligt bidrag til den menneskeskabte globale opvarmning.

Størstedelen af skibsfarten sejler på bunkerolie (tung fuelolie) med et svovlindhold helt op til 4,5 procent. I de særlige SECA-områder (*Sulphur Emission Control Areas*), herunder de indre danske farvande, må svovlindholdet dog maksimalt være 1 procent. Til sammenligning er svovlindhold i dieselolie 0,001 procent. I Øresund må skibenes bunkerolie altså indeholde 1.000 gange så meget svovl, som dieselen i de biler, der krydser Øresundsbroen.

Ved fuldstændig forbrænding af bunkerolie oxideres oliens indhold af kulstof og svovl til CO<sub>2</sub> og svovloxider (primært svovldioxid, SO<sub>2</sub>). Samtidig oxideres luftens indhold af frit kvælstof (N<sub>2</sub>) til kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>) i skibsmotorerne. Men da der ikke sker en

fuldstændig forbrænding vil røggassen fra skibenes skorstene desuden indeholde kulilte samt dampe og partikler bestående af uforbrændte oliekomponenter. Et højt svovlindhold øger mængden af partikler i røggassen. De væsentligste forureningskomponenter i forhold til luftforurening fra skibsfart er CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og fine partikler (PM<sub>2,5</sub>).

Skibes afbrænding af bunkerolie giver derved anledning til samme typer forureninger som udledes fra køretøjer, kraftværker, affaldsforbrænding m.v. Men i dag er det meste svovl fjernet fra den landbaserede transportsektor og der foretages effektiv røggasrensning fra alle større kraftværker for både SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler. Til sammenligning stilles endnu ingen tilsvarende krav til rensning af skibsfartens røggas, og først om nogle år forventes markante reduktioner i bunkeroliens svovlindhold.

Ud over de nævnte luftforureningskomponenter kan ultrafine partikler (PM<sub>0,1</sub>) og kulilte fra røggassen udgøre et arbejdsmiljøproblem for havnearbejdere og et lokalt luftforureningsproblem i områder med mange krydstogtskibe.

Bunkerolie er egentligt at anse for et affaldsprodukt fra raffinaderierne. Når alle de lette kulbrinter, der anvendes til jetbrændstof, benzin og diesel m.v. er destilleret fra råolien, så kan restproduktet anvendes som bunkerolie til skibe samt til asfalt. Bunkerolien er ekstremt tyktflydende og har et højt svovlindhold. Den skal opvarmes og sættes under højt tryk før den kan forbrændes i skibsmotoren. Bunkerolien afbrændes i dag på åben sø uden nogen form for røggasrensning.





Da  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  og fine partikler kan transporteres over meget store afstande, så bidrager skibsfartens luftforurening markant til miljø- og sundhedseffekter på land. Hvert år forårsager luftforureningen fra skibsfarten ifølge Centre for Energy, Environment and Health (CEEH) ca. 50.000 for tidlige dødsfald i Europa og koster samfundet omkring 55 mia. Euro i helbredsskader. Dertil kommer skaderne på naturen.

I farvandene omkring Danmark sker årligt ca. 100.000 gennemsejlinger. Og da store containerskibe kun sejler 8-12 meter pr. liter bunkerolie, så afbrændes enorme mængder bunkerolie i dansk farvand med en tilknyttet høj luftforurening. Luftforureningen med  $\text{SO}_2$  og  $\text{NO}_x$  fra skibsfart i farvandene omkring Danmark er derfor væsentlig større end forureningen fra alle danske landbaserede kilder.

CEEH har estimeret, at forureningen fra skibsfart i Nordsøen og Østersøen årligt forårsager ca. 4.000 tabte leveår i Danmark, ca. 250.000 luftvejslidelser og ca. 400.000 dage med nedsat aktivitet på grund

af sygdom. Helbredseffekternes samfundsøkonomiske omkostninger skønnes til ca. 3 mia. kr. årligt i Danmark.

Dette hæfte fokuserer på luftforurening med  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  og fine partikler fra skibsfart, de mange tekniske løsninger på luftforureningen, den eksisterende miljøregulering af skibsfarten og danske erhvervspotentialer ved yderligere miljøregulering af skibsfart. Formålet med hæftet er at inspirere beslutningstagere og nøgleinteressenter til at arbejde målrettet for yderligere begrænsning af skibsfartens forurening til gavn for danske erhvervsinteresser, klimaet, folkesundheden og naturen. Desuden er hæftet velegnet til naturvidenskabelig undervisning.

Skibsfarten giver også anledning til en række andre alvorlige udfordringer på miljøområdet, f.eks. faunaforurening med invasive arter, risikoen for olieudslip, miljøproblemer ved ukontrolleret ophugning af skibe i ulande m.v. Disse udfordringer er af ressourcemæssige årsager ikke medtaget i dette hæfte, men skal naturligvis holdes in mente.

## MILJØ- OG SUNDHEDSEFFEKTER

Den væsentlige forurening fra skibsfart skyldes primært, at skibsfarten er international og ofte sejler i internationalt farvand og derved kun er omfattet af internationale regler. Samtidig gør den lette udflagning, at skibene frit kan vælge, hvilket flag de sejler under. Hvis en søfartsnation forsøger at regulere skibsfarten via national miljøregulering af skibe indregistreret i det pågældende land, så vil blot ske en udflagning af skibene til en anden nation med lempeligere miljøregler.

Internationale regler for skibsfarten fastsættes via FNs søfartsorganisation: International Maritime Organisation (IMO). I princippet kunne EU beslutte egne miljøkrav til skibe, som anløber havne i EU – uanset hvor de pågældende skibe er indregistreret. Men EU har endnu ikke været villig til at bruge dette skridt. Derfor er medlemsstaterne i EU fortsat

overladt til, at der træffes beslutninger i IMO, eller til at løbe an på supplerende regulering (se side 24).

IMO har først i de seneste år for alvor fået medlemsnationernes accept af behovet for at nedbringe luftforureningen fra skibsfart. Og den besluttede regulering (se side 20) er bestemt ikke ambitiøs fra et miljømæssigt synspunkt, men må i stedet ses som det bedst mulige kompromis mellem de mange modstridende interesser fra IMOs medlemsnationer.

I tabel 1 ses en oversigt over de væsentligste forureningskomponenter i forhold til luftforureningen fra skibsfart og skadevirkningerne samt skadesomkostningerne fra de enkelte komponenter i Europa fra skibsfart i internationalt farvand på den nordlige halvkugle.

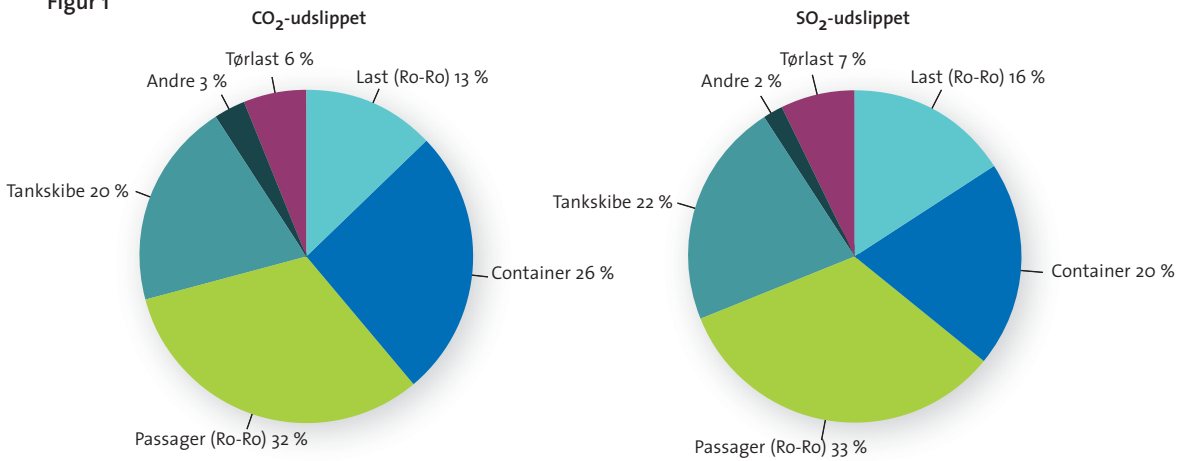
Tabel 1

	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Partikler
Direkte helbredseffekter		X	X	X
Global opvarmning	X			(X) <sup>1)</sup>
Forsuring af verdenshavene	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	
Syreregn i terrestriske økosystemer		X	X	
Overgødsning			X	
Skadelige sekundære partikler		X	X	
Skadesomkostninger (kr/kg forurening) <sup>3)</sup>	- <sup>4)</sup>	85	64	137
Skadesomkostninger (kr/ton bunkerolie) <sup>5)</sup>	-	5.100	4.480	205

Tabel 1: Skadevirkninger og skadesomkostninger fra skibsfartens luftforurening.

- 1) Nogle partikler (*black carbon* partikler) afsættes i indlandsisen i de polare områder og accelererer isafsmeltningen.
- 2) Af mindre betydning sammenholdt med forsurenningen relateret til stigende CO<sub>2</sub>-koncentrationer i atmosfæren.
- 3) Alene helbredsskader. Skader på naturværdier er ikke medregnet. Kilde: Centre for Energy, Environment and Health
- 4) Det er umuligt at fastsætte en rimelig skadesomkostning af CO<sub>2</sub> pga. de store usikkerheder knyttet til konsekvenserne af global opvarmning.
- 5) Afbrænding af 1 ton bunkerolie udleder ca. 3.200 kg CO<sub>2</sub>, 60 kg SO<sub>2</sub>, 70 kg NO<sub>x</sub> og 1,5 kg primære partikler.

Figur 1



Figur 1: CO<sub>2</sub>- og SO<sub>2</sub>-udslippet fra skibsfart i farvandene omkring Danmark i 2011 fordelt på skibstyper. I 2011 skønnes det totale udslip til 7,8 mio. ton CO<sub>2</sub> og 41.000 ton SO<sub>2</sub>.

Kilde: Danmark Miljøundersøgelser.

I tabel 1 er skadesomkostninger (eksternaliteter) fra forureningen med SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og primære partikler beregnet pr. kg forurening. Det er ikke muligt på tilsvarende vis at værdisætte skader relateret til CO<sub>2</sub>, da det er umuligt at forudsige de direkte – og i særdeleshed de indirekte – konsekvenser af den globale opvarmning. Selvfølgelig kunne opgøres en mindste skadesomkostning alene baseret på forudsigelige direkte konsekvenser: Reduceret høstudbytte, sygdomme, omfattende strømme af klimaflygtninge, infrastrukturtilpasninger osv. Men da de indirekte konsekvenser (omfattende ændringer af samfundet som vi kender det i dag) ser ud til at give de markant største omkostninger, så giver det ikke meget mening at estimere en mindste eksternalitet for CO<sub>2</sub> baseret alene på de forudsigelige direkte konsekvenser.

Der er derfor ikke grundlag for at konkludere, om klimagasser eller sundhedsskadelig luftforurening er vigtigst. Der skal sættes ind for at reducere begge

dele. I begge tilfælde betaler skibene ikke for deres sundheds- og miljøpåvirkning. Det ses at alene de samlede sundhedsskader ved at afbrænde et ton bunkerolie er ca. 10.000 kr. Dertil kommer naturskader og skader relateret til global opvarmning. Til sammenligning koster bunkerolie ca. 3.500 kr/ton for rederiet, der kun betaler for bunkerolien og ikke for de skader (eksternaliteter), som skibenes luftforurening forårsager.

I figur 1 ses et estimat for CO<sub>2</sub>- og SO<sub>2</sub>-udslippet fra skibsfart gennem farvandene omkring Danmark i 2011 fordelt på skibstyper. Det ses at udslippet af SO<sub>2</sub> i hovedtræk følger CO<sub>2</sub>-udslippet. Den samme tendens gør sig gældende for NO<sub>x</sub> og partikler, da alle forureningskomponenterne kan relateres til afbrænding af bunkerolien.

## Kuldioxid

Skibsfarten udleder globalt ca. 1 milliard tons CO<sub>2</sub> årligt og bidrager derved med ca. 3 procent af den menneskeskabte globale opvarmning. Foruden global opvarmning bidrager den stigende CO<sub>2</sub>-koncentration i atmosfæren til forsuring af verdenshavene, da koncentrationen af kulsyre (H<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>) i havene stiger, hvilket får fatale konsekvenser for en række af klodens mest artsrige økosystemer f.eks. de unikke koralrev. Til gengæld står skibsfarten for ca. 90 procent af den globale varetransport. Skibsfartens CO<sub>2</sub>-udledning er endnu ikke omfattet af Kyoto-protokollen eller anden international regulering. Udslippet af CO<sub>2</sub> fra skibsfarten indgår derfor ikke i nationale klimaregnskaber. Danske rederier transporterer 10 procent af verdenshandlen. Danmarks samlede CO<sub>2</sub>-udledning ville derved næsten fordobles, hvis CO<sub>2</sub>-udslippet fra rederiernes aktiviteter medregnes i landets klimaregnskab.

Ses på CO<sub>2</sub>-udslippet fra international skibsfart til og fra danske havne, så udledes ca. 2,5 mio. ton CO<sub>2</sub> pr. år, hvilket ville øge landets CO<sub>2</sub>-udslip med ca. 5 procent, hvis udslippet blev medregnet. Ses derimod på CO<sub>2</sub>-udslippet fra skibsfart gennem farvandene omkring Danmark, så udledes ca. 7,8 mio. tons CO<sub>2</sub> pr. år, hvilket ville øge landets CO<sub>2</sub>-udslip med ca. 15 procent. Det er ikke åbenlyst, hvordan CO<sub>2</sub>-udslippet skal medregnes, men det er vigtigt at få skibsfarten

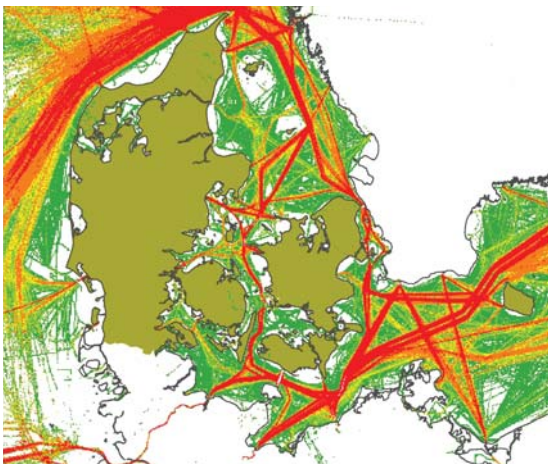
omfattet af en international aftale, så CO<sub>2</sub>-udslippet nedbringes. Det kan mest hensigtsmæssigt ske i form af en afgift på bunkerolie, se senere.

## Svovldioxid

Udslippet af SO<sub>2</sub> fra skibsfart i farvandene omkring Danmark er ca. 41.000 tons pr. år og derved fire gange større end udslippet fra alle landbaserede danske kilder tilsammen.

I atmosfæren omdannes en stor del af SO<sub>2</sub> fra skibenes røggas til sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) f.eks. ved dannelsen af svovlsyre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) i atmosfæren og derved syrerregn, der bidrager til bl.a. skovdød. Desuden er SO<sub>2</sub> i sig selv en sundhedsskadelig gas. Men SO<sub>2</sub> fra skibsfart bidrager primært til helbredseffekter gennem sundhedsskadelige sekundære partikler dannet ved atmosfærekemiske reaktioner mellem SO<sub>2</sub> og andre forureningskomponenter (primært ammoniak og organiske stoffer). Svovlindholdet i bunkerolien er omfattet af internationale aftaler indgået i IMO-regi, der nedbringer svovlindholdet markant frem mod 2020 (se side 20).

I figur 2 ses de estimerede emissioner af SO<sub>2</sub> fra skibsfart i dansk farvand. Skibenes foretrukne hovedfærdselsårer fremgår tydeligt. Emissionen af CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler følger samme mønster.



**Figur 2:** SO<sub>2</sub>-udslippet fra skibsfart gennem farvandene omkring Danmark i 2011.

Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser.

## Kvælstofoxider

Kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>) fra skibenes røggas består primært af kvælstofmonooxid (NO) og i mindre grad af kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>). Udslippet af NO<sub>x</sub> fra skibsfart gennem farvandene omkring Danmark er ca. 173.000 tons pr. år og derved væsentlig større end summen af udslippet fra alle landbaserede danske kilder.

NO<sub>x</sub> kan omdannes til salpetersyre (HNO<sub>3</sub>) i atmosfæren og derved blive til syrerregn, der bidrager til bl.a. skovdød. NO<sub>x</sub> øger dannelsen af jordnær sundhedsskadelig ozon. Samtidig omdannes en del NO til sundhedsskadelig NO<sub>2</sub>. Men NO<sub>x</sub> fra skibsfart bidrager hovedsageligt til helbredseffekter gennem skadelige sekundære partikler dannet gennem atmosfærekemiske reaktioner mellem NO<sub>x</sub> og andre forureningskomponenter (primært ammoniak og organiske stoffer). Endelig kan NO<sub>x</sub> afsættes i næringsfattige økosystemer, hvor kvælstof vil virke som gødning og derved ødelægge den unikke næringsfattige natur, der er hjemsted for en lang række af planetens sjældne dyr og planter. Emissionen af NO<sub>x</sub> fra skibsfart er reguleret af aftaler indgået i IMO-regi, der begrænser NO<sub>x</sub>-emissionen (se side 20).

## Partikler

Primære partikler (PM<sub>2,5</sub>) udledes direkte fra skibenes motorer i form af uforbrændt bunkerolie og adskiller sig således fra de sekundære partikler, der dannes ud fra bl.a. SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> ved kemiske reaktioner i atmosfæren efter gasserne er udledt.

De primære partikler er sundhedsskadelige. Samtidig kan partiklerne transporteres til de polare områder, hvor en del af partiklerne (*black carbon* partikler) afsættes i indlandsisen. Derved bliver isen mere grå hvilket øger isens absorption af sollys, hvorved isafsmeltningen accelereres, hvilket yderligere øger absorptionen af sollys. Der er således tale om en selvforstærkende proces. De fleste nyere undersøgelser finder, at *black carbon* partikler bidrager signifikant til isafsmeltningen og temperaturstigningen i de polare områder på den nordlige halvkugle.

I tabel 2 er forureningen med SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler fra den totale internationale skibsfart på den nordlige halvkugle og skibsfarten i Nordsøen og Østersøen estimeret for 2011. Til sammenligning er vist emissionerne fra skibsfart gennem farvandene omkring Danmark og fra danske landbaserede forureningskilder.

Tabel 2

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Primære partikler
Skibsfart på Den nordlige halvkugle (ton)	1.870.000	3.355.000	250.000
Skibsfart i Nordsøen og Østersøen (ton)	205.000	955.000	20.000
Skibsfart gennem farvande omkring DK (ton)	41.000	173.000	4.000
Landbaserede danske kilder (ton)	10.000	130.000	25.000

**Tabel 2:** Forureningen med SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og primære partikler (PM<sub>2,5</sub>) i tons fra den totale internationale skibsfart på den nordlige halvkugle og skibsfarten i Nordsøen og Østersøen samt emissionerne fra skibsfart gennem farvande omkring Danmark og fra danske landbaserede kilder. Emissionerne er skønnet for 2011.

Kilder: Danmarks Miljøundersøgelser og Centre for Energy, Environment and Health.



Af tabel 2 ses, at forureningen med SO<sub>2</sub> og partikler fra skibsfarten på den nordlige halvkugle er 10-12 gange større end i Nordsøen og Østersøen, mens forureningen med NO<sub>x</sub> kun er ca. 3,5 gange større. Dette skyldes reguleringen af bunkeroliens svovlindhold i SECA-områder, der bl.a. omfatter de indre danske farvande og Østersøen (side 20). Endelig ses, at forureningen med SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> fra skibsfarten omkring Danmark overstiger forureningen fra de danske landbaserede forureningskilder. Udslippet af partikler fra skibsfart gennem farvandene omkring Danmark er derimod ca. 4.000 tons pr. år, svarende til ca. 15 procent af de samlede partikeludslip over dansk område.

I tabel 3 er helbredseffekterne fra forureningen med SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler fra skibsfarten på den nordlige halvkugle og i Nordsøen og Østersøen estimeret for Danmark og Europa i 2011.

Af tabel 3 ses, at for Europa som helhed er forureningen fra skibsfarten på den nordlige halvkugle skyld i ca. 3,3 gange så mange helbredsskader i Europa som forureningen i Nordsøen og Østersøen.



Af tabellen ses desuden, at luftforureningen fra skibsfart hvert år fører til tusinder af tabte leveår i Danmark samt hundredetusinder af sygedage og luftvejslidelser. Desuden ses, at luftforureningen fra skibsfart i Nordsøen og Østersøen forårsager omkring 75-80 procent af skibsfartens samlede helbredsskader i Danmark.

Tabel 3

Skibsfart på/i:	Den nordlige halvkugle		Nordsøen og Østersøen	
	Danmark	Europa	Danmark	Europa
Effekter i:				
Tabte leveår	5.300	490.000	4.000	150.000
Tilfælde af lungekræft	75	6.500	60	2.000
Antal luftvejslidelser <sup>1)</sup>	327.500	27.500.000	257.600	8.425.000
Antal hjertesvigt	35	2.750	25	870
Antal hjernesygdomme	60	5.500	50	1.680
Sygedage <sup>2)</sup>	500.000	43.700.000	400.000	13.400.000

**Tabel 3:** Helbredseffekter fra forureningen med SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler fra skibsfarten på den nordlige halvkugle og i Nordsøen og Østersøen estimeret for Danmark og Europa i 2011.

1) Dækker over mange forskellige luftvejslidelser af forskellig alvorlighed.

2) Dage med begrænset aktivitet pga. helbredseffekter relateret til luftforureningen.

Kilde: Centre for Energy, Environment and Health.

Tabel 4

	Europa (mia. Euro)			I alt (mia. Euro)
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Partikler	
Den nordlige halvkugle	21	28	4,6	53,6
Nordsøen og Østersøen	3,5	10	0,7	14,2

**Tabel 4:** Estimerede samfundsøkonomiske helbredsomkostninger (mia. Euro i 2006-priser) i Europa pga. forurening med SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler fra skibsfarten på den nordlige halvkugle og i Nordsøen og Østersøen i 2011.

Kilde: Centre for Energy, Environment and Health.

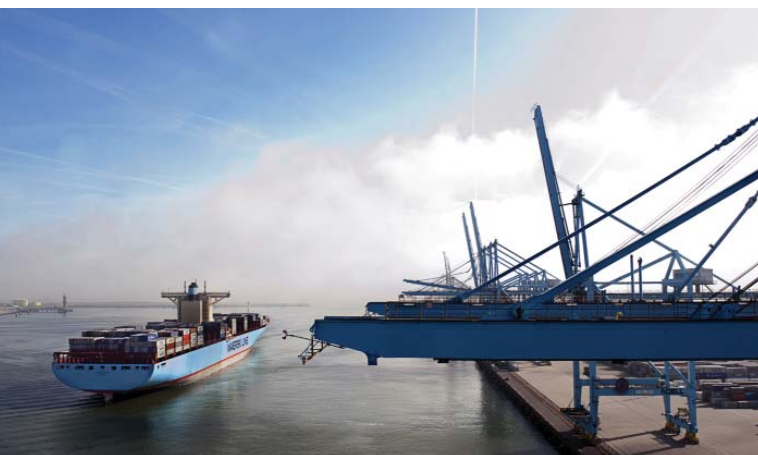
I tabel 4 er de samfundsøkonomiske omkostninger som følge af helbredseffekterne fra skibsfartens luftforurening skønnet for Europa både for skibsfarten på den nordlige halvkugle og for skibsfarten i Nordsøen og Østersøen.

Af tabel 4 fremgår, at skibsfartens luftforurening årligt givet en gigantisk samfundsøkonomisk omkostning i Europa samt at NO<sub>x</sub>-forureningen er den største samfundsøkonomiske omkostning i relation til skibsfartens luftforurening. Det ses også, at NO<sub>x</sub>-forureningen udgør en relativt større andel af omkostningerne fra skibsfarten i Nordsøen og Østersøen sammenholdt med skibsfarten på den nordlige halvkugle, hvilket bl.a. skyldes, at svovlindholdet i bunkerolien er lavere i Østersøen (og de

indre danske farvande), der er reguleret som SECA-område (se side 20).

I Danmark er den samfundsøkonomiske omkostning til sammenligning omkring 0,4 mia. Euro pr. år fra skibsfarten i Nordsøen og Østersøen og 0,6 mia. Euro pr. år fra skibsfarten på den nordlige halvkugle, dvs. klart domineret af skibsfarten i de omkringliggende farvande. Til sammenligning er omkostningerne relateret til luftforureningen fra Danmarks samlede landbaserede forureningskilder omkring 0,65 mia. Euro pr. år. Lokale helbredseffekter fra ultrafine partikler (PM<sub>0,1</sub>) indgår dog ikke i disse estimater. Luftforureningen fra skibsfart forårsager derved helbredseffekter og dertil knyttede samfundsøkonomiske omkostninger i Danmark af

samme størrelsesorden som de samlede danske landbaserede forureningskilder. I denne sammenligning indgår dog ikke helbredseffekten af ultrafine partikler, der har vist sig at være et særligt sundhedsproblem fra dieseltrafik i byer, og som derved vil øge omkostningerne relateret til de landbaserede forureningskilder markant.



### Klimaduks og miljøsynder

Sammenholdt med skibsfart udleder varetransport i tog 2-5 gange mere CO<sub>2</sub> pr. ton transporteret gods, mens varetransport i lastbil udleder 5-15 gange mere CO<sub>2</sub>. I forhold til global opvarmning er skibsfart altså en relativt favorabel transportform. Men da skibsfart samtidig udleder flere hundrede gange mere SO<sub>2</sub> og partikler end moderne lastbiler pr. ton transporteret gods og over 10 gange mere NO<sub>x</sub>, så er skibsfart samtidig et alvorligt miljøproblem i forhold til sundhed og naturødelæggelser.

Set i et snævert luftforureningsperspektiv er skibsfarten ikke en oplagt transportform på nuværende tidspunkt. Imidlertid indebærer skibsfarten en række andre fordele i form af sparet trafikstøj, færre trafikulykker, mindre slitage på veje m.v.

Omvendt ville en stor del af transporten slet ikke ske, hvis der ikke var billig skibsfart til rådighed. Derved giver det ikke altid mening blot at sammenligne med alternative transportmidler. "Ingen transport" er alt andet lige at foretrække ud fra en snæ-

ver miljømæssig synsvinkel. Hvis skibsfart derimod blev dyrere pga. skrappe miljøkrav, så ville det favorisere den transportekstensive handel mellem nærtliggende markeder. Den globale varetransport giver dog en række fordele, og så længe transport er så billigt som i dag, så vil den fortsat vokse. Den globale varetransport er fordoblet de sidste 25 år og stiger fortsat hastigt.

Da skibsfart står for langt størstedelen af den globale varetransport, så er den umiddelbare løsning derfor at nedbringe miljø- og klimabelastningen fra skibsfart, så skibsfarten bliver fremtidens miljørigtige transport i en fortsat mere globaliseret verden. Men det kræver en målrettet indsats her og nu. Heldigvis er der udviklet en lang række tekniske løsninger, der kan minimere skibsfartens forurening. De fleste tekniske løsninger til skibsfarten har meget lavere reduktionsomkostninger end yderligere reduktioner på landbaserede forureningskilder. Det skyldes, at der allerede er gjort en væsentlig renseindsats på land, mens der er gjort forbløffende lidt ved skibsfartens luftforurening.



## TEKNISKE LØSNINGER

Der eksisterer en række tekniske løsninger, som effektivt kan nedbringe emissionen af CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler fra skibsfart. Som det fremgår af dette kapitel kan en kombination af forskellige løsninger reducere CO<sub>2</sub>-udslippet fra skibsfart med 30-50 procent og forureningen med SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler kan reduceres over 80 procent pr. ton gods.

Reduktionsomkostningerne for størstedelen af de tekniske løsninger skønnes at være over 10 gange lavere end sundhedsmkostningerne ved forureningen. Derved er mange løsninger en særdeles favorabel samfundsøkonomisk investering, da samfundet sparer (tjener) over 100 kr, hver gang der investeres 10 kr i forureningsreduktioner. F.eks. vil det koste 3-5 kr at reducere et kg NO<sub>x</sub> via SCR-systemer ifølge AirClim (*Marked-based Instruments for NO<sub>x</sub> abatement in the Baltic Sea*, 2009), hvorimod sundhedsmkostningerne er 64 kr pr. kg NO<sub>x</sub> (tabel 1). Den samfundsøkonomiske netto-gevinst er derved 60 kr pr. kg reduceret NO<sub>x</sub>-forurening.

Rederierne har imidlertid ingen tilskyndelse til at gennemføre reduktionerne, da forureningens sundhedsmkostninger og naturødelæggelser betales af samfundet og ikke af rederierne. Derfor skal skabes klare økonomiske incitamenter til at reducere forureningen via regulering (se side 24), hvis sundheds- og naturgevinsterne skal realiseres.

Helt overordnet er der fire typer tekniske løsninger:

1. Skibenes brændstofforbrug kan reduceres.
2. Skibene kan sejle på renere brændstof.
3. Skibsmotorens forurening kan reduceres.
4. Skibenes røggas kan renses.

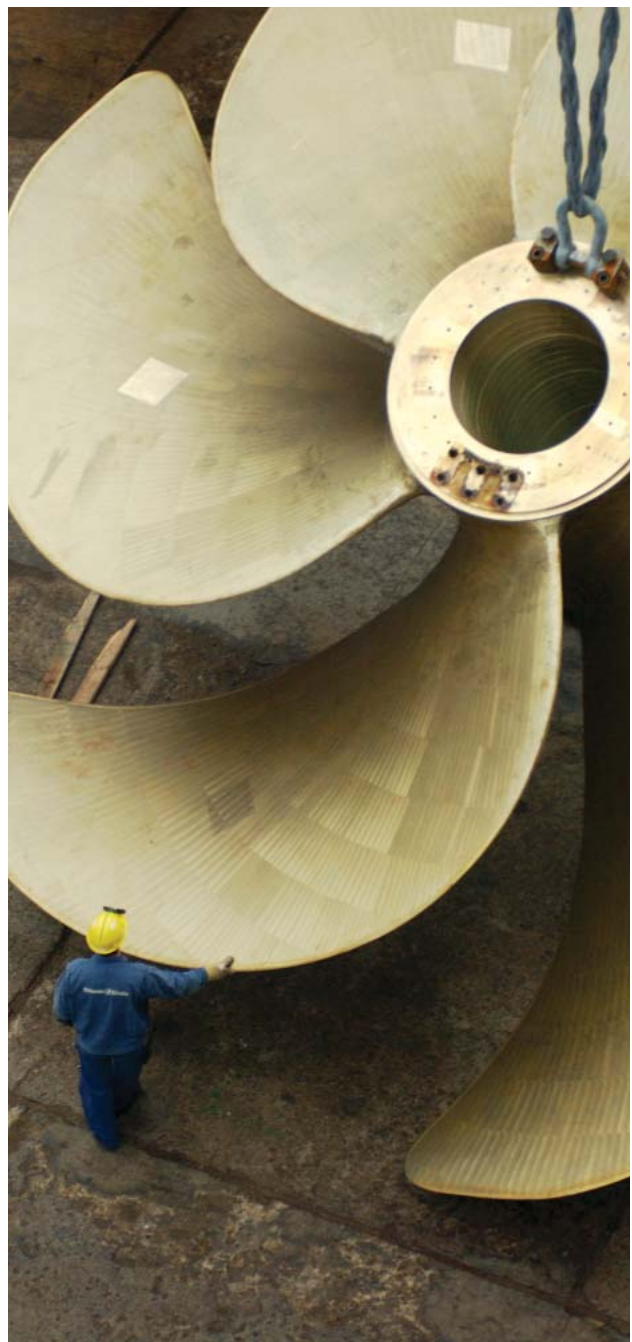
Det skal understreges, at ikke alle beskrevne tekniske løsninger er additive og derved kan effekterne ikke uden videre summeres. Samtidig er det ikke alle tekniske løsninger, der kan anvendes på alle typer skibe. De største reduktioner kan opnås på nye skibe.



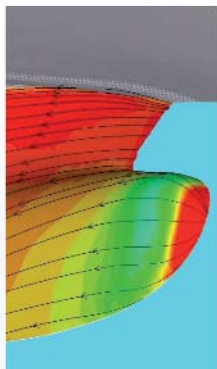
### Reduceret brændstofforbrug

Brændstofforbruget kan reduceres direkte gennem en række operationelle tiltag. Herunder endnu bedre kapacitetsudnyttelse og logistik (ruteoptimering), kombineret med bedre vedligeholdelse af skrog, skrue(r) og motorer samt optimal sejlads i forhold til vejr og skibets fysiske karakteristika. Samtidig kan rettidig ankomst forhindre, at skibet skal vente i tomgang på havneadgang. Endelig har skibets hastighed stor betydning for brændstofforbruget. Ved at nedsætte hastigheden kan spares store mængder brændstof. Nedsat hastighed vil dog kræve flere skibe, hvis transportkapaciteten skal opretholdes, da transporttiden mellem havnene øges. Alligevel opnås en netto brændstofbesparelse. Reduceret hastighed øger desuden fleksibiliteten, da hastigheden derved kan øges ved uforudsete forsinkelser. Derved øges sandsynligheden for rettidig ankomst, hvorved skibet ikke skal anvende brændstof, mens det venter på havneadgang.

Potentialerne ved operationelle tiltag udnyttes i et omfang, der modsvarer de økonomiske gevinster ved sparet bunkerolie. Hvis prisen på bunkerolie stiger, vokser også besparelsen, og så vokser potentialerne og de operationelle tiltag vil blive anvendt i større omfang. I en ideel markedsøkonomi skulle rederierne betale for de helbreds- og naturskader (eksternaliteter), som afbrændingen af bunkerolie forårsager. Alene helbredsskaderne ville 4-doble prisen på traditionel bunkerolie (jf. side 5) og derved markant reducere forbruget af bunkerolie og forureningen. Men grundet skibsfartens internationale karakter er det indtil videre ikke muligt at introducere "forurenere betaler" princippet. Alligevel har markedsmekanismene fået udgifterne til skibsfartens brændstof til at stige fra 20 til 50 procent af de samlede transportomkostninger de sidste 10 år, hvilket har fået forsat flere rederier til at sejle med nedsat hastighed for at spare på brændstoffet. Dette understreger, at højere priser på bunkerolie resulterer i operative tiltag, der både giver brændstofbesparelser og miljøgevinster.



Ved at minimere skrogets vand-, bølge- og vindmodstand via design, dimensionering, nye typer maling og ved at blæse luftbobler ned under skroget (*air lubrication*) kan yderligere opnås markante reduktioner. Desuden viser forsøg med vindmøller på skibe, at disse både kan producere elektricitet og reducere vindmodstanden. Dette kan samtidig kombineres med at optimere motoren (f.eks. *waste heat recovery*) og skruen/styrefinnen (optimalt design) i forhold til det konkrete skib.



Ifølge FORCE Technology kan de operationelle og tekniske tiltag reducere brændstofforbruget med 15-30 procent, mens reduktioner på over 30 procent er muligt for nye skibe.

Dertil kommer en række mere spekulative muligheder, der indtil nu primært er på forsøgsstadiet f.eks. skibsdrager, skibssejl, Fletner Rotors, solceller m.v.

Der er en række muligheder for at nedbringe brændstofforbruget

Kilde: FORCE Technology



## Renere brændstof

Ved at anvende renere brændstoffer i skibsfarten kan forureningen reduceres markant. Det drejer sig i hovedtræk om flydende naturgas (LNG) eller svovlfattig bunkerolie (0,1 procent svovl). Dertil kan anvendelsen af biobrændstoffer/biogas på sigt blive et vigtigt middel til at nedbringe forureningen.

I tabel 5 er vist forureningsreduktioner ved brug af renere brændstof. Der hersker stor uenighed om effekten af LNG, da det bl.a. diskuteres, hvor meget methan ( $\text{CH}_4$ ), der slipper uforbrændt gennem hhv. 2-takts og 4-takts motorer ( $\text{CH}_4$  er 25 gange så stærk en drivhusgas som  $\text{CO}_2$ ). Ligeledes vil  $\text{SO}_2$ -reduktionen afhænge af, hvor ren gassen er, og hvor meget traditionel bunkerolie, der bruges som støt-tebrændstof (normalt omkring 5 procent, hvis der ikke er tale om en ren gasmotor). Endelig er stor forskel på  $\text{NO}_x$ -reduktionen for 2-takts og 4-takts motorer. Værdierne for reduktionerne via LNG i tabellen skal derfor læses med forbehold for disse ikke uvæsentlige usikkerheder.

Som det ses har LNG store potentialer for at nedbringe forureningen fra skibsfart. Dog er en række udfor-



dringer knyttet til anvendelsen af LNG. Dels er der rent tekniske udfordringer mht. motor, tryktank og sikkerhed. Dels er infrastrukturen (tankningsmuligheder) endnu ikke udbygget. Der er dog i 2011 igangsat et større projekt ledet af Søfartsstyrelsen, der skal bane vejen for, at den nødvendige sikkerhed og infrastruktur i forhold til LNG kommer på plads i Østersøen, Nordsøen og Den Engelske Kanal. LNG er dog allerede i dag et oplagt miljørigtigt alternativ for en række færger og tankskibe, som fragter LNG. Når grænsen for det maksimalt tilladte svovlindhold i SECA-områderne (se side 20) sænkes til 0,1 procent i 2015, så bliver LNG et endnu mere oplagt brændstofalternativ. Endelig kan store  $\text{CO}_2$  reduktioner opnås såfremt det bliver muligt at erstatte LNG med Liquid Biogas (LBG).

Tabel 5

	Motor	$\text{CO}_2$	$\text{SO}_2$	$\text{NO}_x$	Partikler
Flydende naturgas (LNG)	2-takts	20-25 %	90-95 %	20-25 %	35-40 %
	4-takts	0-25 % <sup>1)</sup>	> 95 % <sup>2)</sup>	80-90 %	> 40 % <sup>2)</sup>
Svovlfattig bunkerolie (0,1 % svovl)		0 %	90 %	5-10 %	50 %

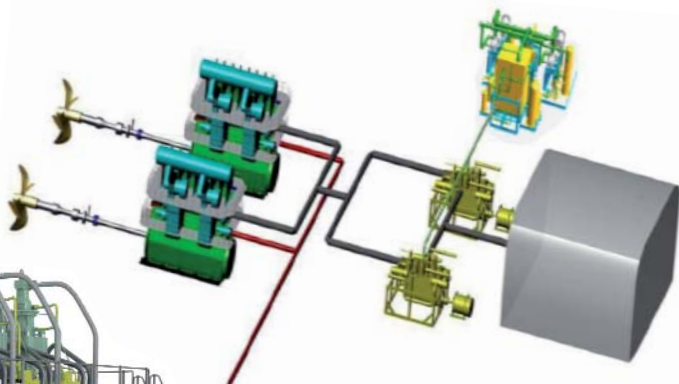
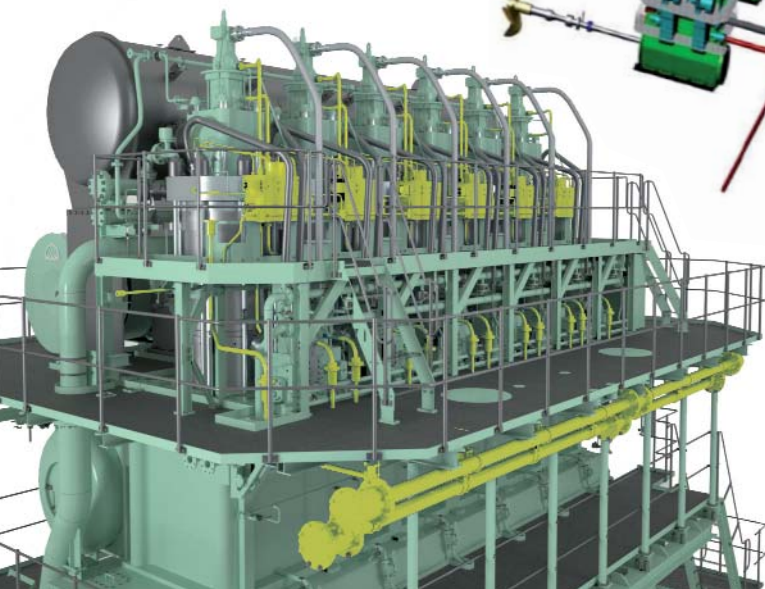
**Tabel 5:** Forureningsreduktioner ved brug af flydende naturgas (LNG) og svovlfattig bunkerolie frem for bunkerolie med 1 procent svovl. Reduktionerne for  $\text{SO}_2$  og partikler er væsentligt større, hvis der sammenlignes med traditionel bunkerolie med større svovlindhold. Der er dog stor usikkerhed knyttet til reduktionerne for LNG.

1) Afhængig af, hvor meget  $\text{CH}_4$ , der slipper uforbrændt igennem motoren.

2) Afhængig af svovlindholdet og evt. støt-tebrændsel/smøreolie.

Kilde: MAN Diesel & Turbo og Clipper Ferries

CO<sub>2</sub>- og NO<sub>x</sub>-udslippet kan nedbringes markant gennem større og mere effektive motorer.



Kilde: MAN Diesel & Turbo

Svovlfattig bunkerolie (0,1 procent svovl) bliver et krav i SECA-områderne fra 2015, men ikke i de åbne internationale farvande (se side 20). Imidlertid giver luftforureningen fra åbne internationale farvande også anledning til store sundheds- og miljøeffekter. Derfor kunne et mere generelt krav om svovlfattig bunkerolie på sigt nedbringe forureningen markant. Problemet er imidlertid, at der på nuværende tidspunkt er problemer med at skaffe tilstrækkeligt raffinaderikapacitet til alene at producere nok svovlfattig bunkerolie til at opfylde de kommende krav i SECA-områderne.

### Bedre motorteknologi

De sidste 40 år er forbrugt af bunkerolie pr. container pr. sømil reduceret ca. 80 procent gennem udvikling af større motorer (til fortsat større skibe) med stigende effektivitet. Denne udvikling vil til en vis grad fortsætte, dog i et mere afdæmpet tempo

efterhånden som de ældre og mindre skibe udskiftes med nye og større skibe. Optimeringen af motorerne fortsætter bl.a. ved udvikling af systemer til udnyttelse af spildvarmen *waste heat recovery* (WHR). Samtidig er udviklet en lav-NO<sub>x</sub> ventil til 2-takts motorer, der reducerer motorernes NO<sub>x</sub>-udslip 10-20 procent og samtidig reducerer partikelemissionen markant uden at øge brændstofforbruget.

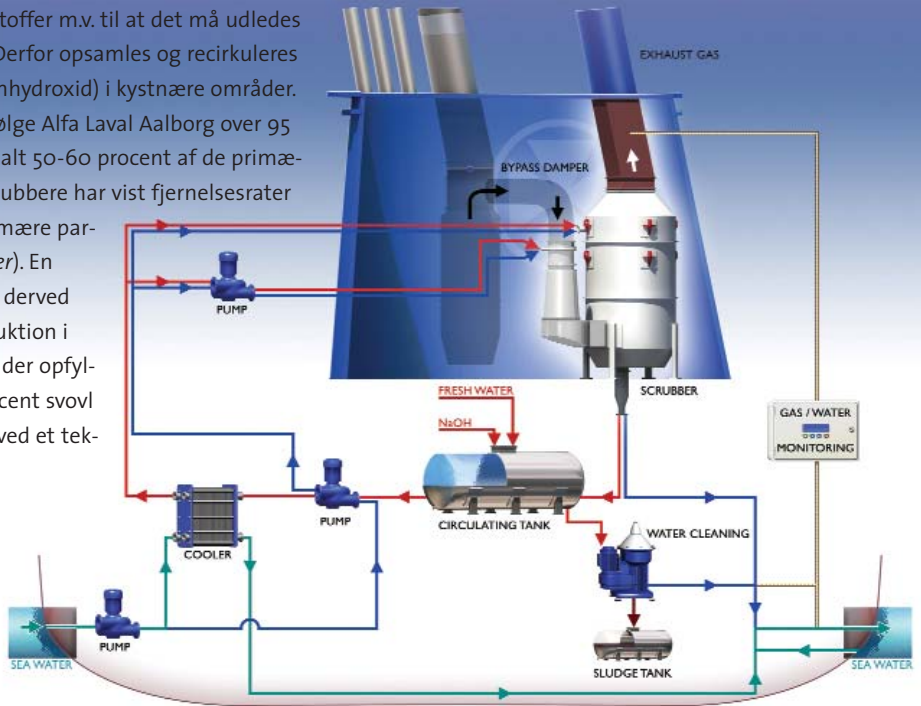
Exhaust Gas Recirculation (EGR), hvor noget af røggassen recirkuleres gennem motoren har vist sig at være et effektivt middel til at reducere NO<sub>x</sub>-emissionen fra 2-takts skibsmotorer, der udgør langt størstedelen af større skibsmotorer. EGR kan ifølge MAN Diesel & Turbo reducere NO<sub>x</sub>-emissionen fra 2-takts motorer med op til 80 procent. Til sammenligning er reduktionen ved EGR 35-50 procent på 4-takts motorer.



## Røggasrensning

Røggassen fra skibe kan renses for  $\text{SO}_2$  i en scrubber, hvor  $\text{SO}_2$  vaskes ud af røggassen ved hjælp af havvand. I scrubberen omdannes  $\text{SO}_2$  til harmløst sulfat, som kan udledes med scrubbevandet på åbent hav. Scrubbervandet kan dog indeholde for mange giftige tjærestoffer m.v. til at det må udledes i kystnære områder. Derfor opsamles og recirkuleres vandet (tilsat natriumhydroxid) i kystnære områder. Scrubberen fjerner ifølge Alfa Laval Aalborg over 95 procent  $\text{SO}_2$  og normalt 50-60 procent af de primære partikler. Nogle scrubbere har vist fjernelsesrater på 70-80 procent primære partikler (Venturi scrubber). En effektiv scrubber kan derved give samme  $\text{SO}_2$ -reduktion i 2015 som bunkerolie, der opfylder kravet om 0,1 procent svovl (se side 20) og er derved et tek-

nisk alternativ til svovlfattig bunkerolie. I praksis vil scrubberteknologiens potentiale derfor bl.a. afhænge af prisudviklingen på svovlfattig bunkerolie. Der eksisterer i dag gode fuldskalaerfaringer med scrubber-teknologien.



Kilde: Alfa Laval Aalborg



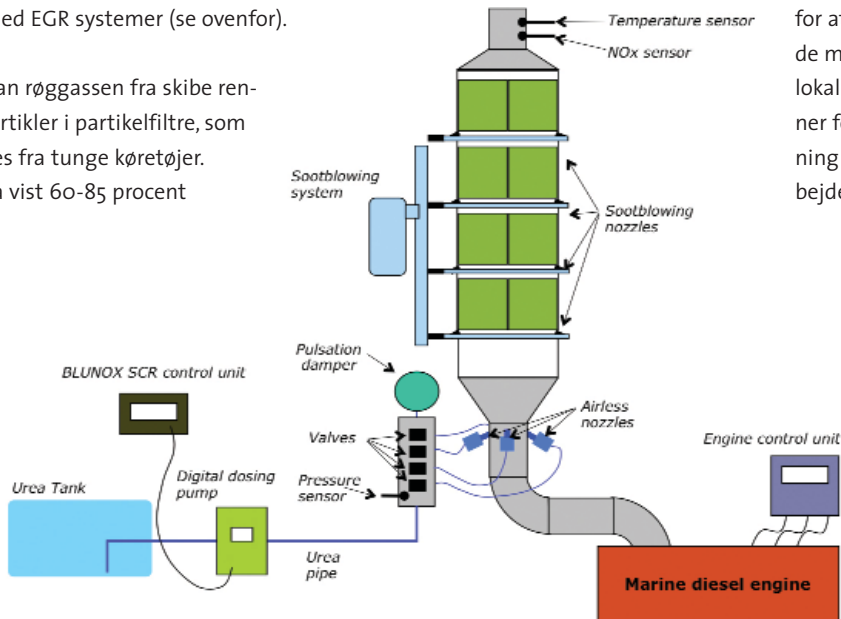
Udslippet af  $\text{SO}_2$  og partikler kan fjernes effektivt i scrubbere.

Røggassen fra skibe kan renses for  $\text{NO}_x$  via en række teknologier. For 4-takts motorer er en af de mest lovende teknologier: SCR (*Selective catalytic reduction*). I SCR systemer doseres automatisk en nøje afmålt mængde urea til røggassen. Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) frigives fra urea og reagerer med  $\text{NO}_x$  i røggassen, hvorved  $\text{NO}_x$  og  $\text{NH}_3$  omdannes til uskadelige frit kvælstof ( $\text{N}_2$ ) og vanddamp. SCR systemer kan ifølge DANSK TEKNOLOGI fjerne over 90 procent  $\text{NO}_x$  og ca. en tredjedel af de primære partikler. Samtidig har SCR systemer en markant støjdæmpende effekt. Der eksisterer i dag gode fuldskalaerfaringer med SCR systemer på 4-takts motorer, men det vurderes, at SCR-systemer ligeledes er en mulig løsning til 2-takts motorer, hvis systemet kan konkurrere med EGR systemer (se ovenfor).

Endelig kan røggassen fra skibe renses for partikler i partikelfiltre, som det kendes fra tunge køretøjer. Forsøg fra vist 60-85 procent

fjernelse fra skibenes hjælpemotorer i laboratorieforsøg. De opfangede partikler afbrændes løbende i filteret ved tilsætning af et additiv til brændstoffet. Derved omdannes partiklerne til  $\text{CO}_2$  og vand. Det har ikke været muligt at finde detaljerede resultater fra fuldskalaeforsøg med partikelfiltre på åbent hav. Alt andet lige vil det kræve et lavt svovlindhold i røggassen, hvis filteret skal bevare sin renskapacitet og sine katalytiske egenskaber. Men ved at kombinere partikelfiltre med scrubbere, som samtidig fjerner halvdelen af partiklerne, og et lavere svovlindhold, der også reducerer partikeldannelsen markant, så kan opnås en næsten fuldstændig fjernelse af primære partikler fra skibe. Samtidig har partikel-

filtrer potentiale for at minimere de mere akutte lokale partikelgener for besætning og havnearbejdere.



$\text{NO}_x$  kan fjernes effektivt i SCR-systemer.

Kilde: DANSK TEKNOLOGI

## Kombination af tiltag

Som nævnt er effekterne af de beskrevne tekniske løsninger ikke additive og kan derved ikke uden

videre summeres. I tabel 6 er skønnet effekten af tre forskellige kombinerede tekniske løsninger.

Tabel 6

	LNG	LNG + WHR	LNG + WHR + EGR
CO <sub>2</sub> -reduktion	23 %	32 %	31 %
SO <sub>2</sub> -reduktion	95 %	96 %	97 %
NO <sub>x</sub> -reduktion	24 %	25-35 %	85-95 %
PM <sub>2,5</sub> -reduktion	37 %	45 %	61 %

**Tabel 6:** Effekten af kombinerede løsninger i forhold til et traditionelt containerskib.

LNG: Liquid natural gas, WHR: Waste heat recovery og EGR: Exhaust gas recirculation.

Kilde: Skønnet ud fra nøgleværdier oplyst af MAN Diesel & Turbo



# NUVÆRENDE REGULERING

Tabel 7

		2007	2010	2012	2015	2020
Svovlindhold	Non-SECA (Verdenshave)	4,5 %	–	3,5	–	0,5 <sup>1)</sup>
	SECA (Kystnærhedszoner)	1,5 %	1 %	–	0,1 %	–

**Tabel 7:** IMO-reguleringen af bunkeroliens svovlindhold

SECA: Sulphur Emission Control Areas

1) Kravet træder dog først i kraft i 2025, hvis der ikke er nok bunkerolie med 0,5 procent svovl i 2020.

Kilde: International Maritime Organisation

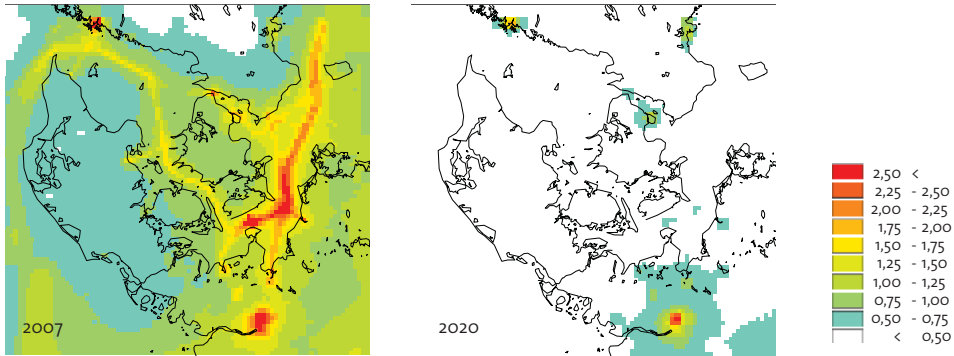
I tabel 7 er vist IMO-reguleringen af bunkeroliens svovlindhold.

Som alternativ til lavere svovlindhold i bunkerolien kan skibene vælge at rense røggassen for SO<sub>2</sub>. F.eks. kan over 95 procent SO<sub>2</sub> fjernes effektivt i en scrubber, der samtidig reducerer de primære partikler fra motorer med 50-60 procent. Scrubberen giver altså samme miljøgevinster som bunkerolie med lavt svovlindhold. Derfor er det overraskende, at der i IMOs 2020-krav for Non-SECA er tilføjet en katteløse, der udskyder kravet i 5 år, hvis der er utilstrækkelig med bunkerolie med 0,5 procent svovl til rådighed. Skibene kunne jo blot anvende en velfungerende scrubber eller LNG som alternativ til et lavere svovlindhold i bunkerolien (se tabel 5).

Farvandene omkring Danmark er SECA-områder. Fra 2007 til 2020 forventes forureningen med SO<sub>2</sub> i farvandene omkring Danmark derfor nedbragt med 91 procent. Faldet er procentvis mindre end reduktionen i svovlindholdet (93 procent), da der ventes øget skibsfart (stigning på 3,5 procent årligt) i farvandene omkring Danmark frem mod 2020. Reduktionen i SO<sub>2</sub>-forureningen vil ifølge estimater fra Centre for Energy, Environment and Health kun reducere helbredseffekterne fra skibsfarten med 10-15 procent i Danmark. Dette skyldes, at langt de fleste helbredseffekter fra skibsfarten i farvandene omkring Danmark forårsages af NO<sub>x</sub>-forureningen, som forventes at stige en anelse frem mod 2020 grundet øget skibsfart.



Figur 3



Figur 3: SO<sub>2</sub>-koncentrationen i Danmark i 2007 og 2020

Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser.

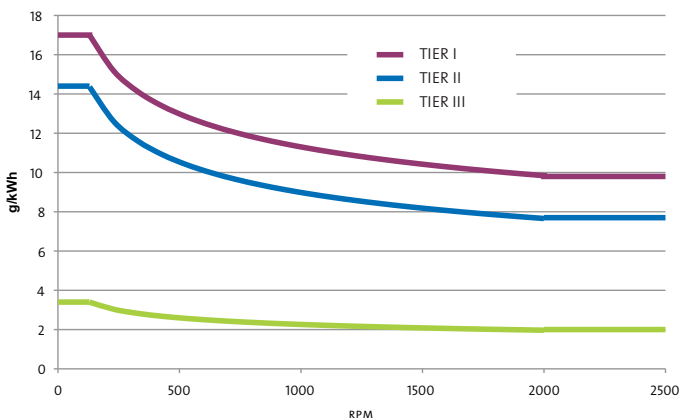
I figur 3 ses SO<sub>2</sub>-koncentrationen i Danmark i 2007 og 2020. Det ses tydeligt, at skibsfarten har helt afgørende betydning for SO<sub>2</sub>-koncentrationen i 2007. Ligeledes ses, at IMO-reguleringen giver en markant reduktion i 2020, hvor SO<sub>2</sub>-forureningen fra skibsfart næsten ikke ses.

I figur 4 ses IMO-reguleringen af NO<sub>x</sub>-emissionen.

Bemærk, at skibets alder afgør, hvor meget motoren må forurene med NO<sub>x</sub>. Dvs. en ny motor på et skib bygget før 1. januar 2011 må forurene mere end en

ny motor på et skib bygget efter 1. januar 2011. Det er altså skibets (og ikke motorens) alder, der afgør hvor meget skibet må forurene med NO<sub>x</sub>. Kravene motiverer altså skibsrederne til at anvende gamle skibe, der i forvejen har et højere brændstofforbrug og derved en større forurening end nyere skibe. Fra et miljømæssigt synspunkt burde NO<sub>x</sub>-kravene være uafhængige af skibets alder. Endelig skal skibsmotorer bygget mellem 1990 og 2000 opgraderes, så de opfylder IMOs Tier I krav, hvis teknologien er tilgængelig.

Figur 4



Figur 4: IMO-reguleringen af NO<sub>x</sub>-emissionen.

Tier I: Skibsmotorer (over 130 kW) installeret på et skib bygget efter 1. januar 2000.

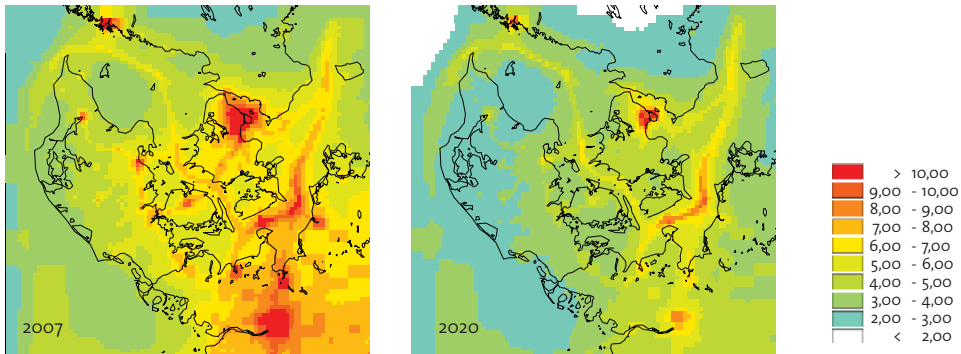
Tier II: Skibsmotorer (over 130 kW) installeret på et skib bygget efter 1. januar 2011.

Tier III: Skibsmotorer (over 130 kW) installeret på et skib bygget efter 1. januar 2016.

Gælder kun i de såkaldte NECA-områder (NO<sub>x</sub> Emission Control Areas).

Kilde: International Maritime Organisation

Figur 5



Figur 5: NO<sub>2</sub>-koncentrationen (indikator for NO<sub>x</sub>-forureningen) i Danmark i 2007 og 2020.

Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser.

Fra 2007 til 2020 forventes en lille stigning i NO<sub>x</sub>-emissionen i farvandene omkring Danmark selv om farvandene forventes at blive anerkendt som NECA-område og derved omfattet af de nye IMO-krav fra 2016. Stigningen skyldes dels, at de nye krav kun gælder nye skibe og dels den forventede øgede skibsfart frem mod 2020. I 2020 er NO<sub>x</sub>-forureningen derved ansvarlig for over 80 procent af hel-

bredseffekterne i Danmark relateret til skibes luftforurening. Luftforureningen fra skibsfart vil til den tid give større helbredsskader end de samlede landbaserede forureningskilder. De nye IMO-krav har dog en signifikant effekt, idet NO<sub>x</sub>-emissionen i farvandene omkring Danmark ville have steget 15 procent uden de nye IMO-krav.

I figur 5 ses NO<sub>2</sub>-koncentrationen i Danmark i 2007 og 2020. NO<sub>2</sub>-koncentrationen kan anvendes direkte som indikator for NO<sub>x</sub>-forureningen. Det ses, at IMO-reguleringen ikke har stor betydning for skibsfartens NO<sub>x</sub>-forurening, men at reguleringen af de landbaserede forureningskilder (via bl.a. EU's NEC-direktiv) til gengæld får meget stor effekt på NO<sub>2</sub>-koncentrationen.

Som direkte effekt af IMO-kravene for svovlindholdet i bunkerolie forventes desuden en reduktion af forureningen med primære partikler fra skibsmotorerne, der afhænger direkte af svovlindholdet i bunkerolien. Fra 2007 til 2020 forventes forureningen med primære partikler i farvandene omkring Danmark således nedbragt med ca. 55 procent trods den stigende skibsfart.



Tabel 8

	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Primære partikler
2011 (tons)	7.850.000	41.000	173.250	4.000
2020 (tons)	9.250.000	5.800	177.600	2.650
Ændring (%)	+ 18	- 86	+ 2,5	- 34

Tabel 8: Emissionen af CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og primære partikler fra skibsfart i farvandene omkring Danmark.

Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser.

I tabel 8 er vist emissionen af CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og primære partikler fra skibsfart i farvandene omkring Danmark i 2011 og ved implementering af IMO-kravene i 2020 (SECA og NECA-krav).

Som tidligere nævnt stiger NO<sub>x</sub>-emissionen pga. stigende skibsfart, hvilket mere end opvejer effekten af IMOs NECA-krav. NO<sub>x</sub>-forureningen fra skibsfart vil således forsat være en meget stor udfordring i 2020 med mindre der indføres yderligere regulering af skibsfartens NO<sub>x</sub>-emissioner.

Selv om IMO-kravene er en væsentlig skærpelse miljømæssigt, så er skibsfarten forsat underlagt meget lempeligere krav end den landbaserede transport.

Bunkerolien i SECA-områder må således fra 2015 forsat indeholde 100 gange så meget svovl, som lastbilernes diesel indeholder i dag. Og selv nye skibe i NECA-områderne må i 2016 udlede 5-10 gange mere NO<sub>x</sub> pr. kWh motorydelse i forhold til lastbiler. Selv den skrappeste IMO-regulering i SECA og NECA-områderne sikrer derfor ikke, at skibsfarten bliver miljørigtig transport. Og den generelle regulering er meget lempeligere. Resultatet er, at helbredseffekterne fra skibsfartens luftforurening i 2020 forventes at være næsten de samme som i dag, hvilket primært skyldes den meget svage regulering af NO<sub>x</sub>-forureningen fra de eksisterende skibe. Derfor er akut behov for yderligere regulering af skibsfartens luftforurening.



## YDERLIGERE REGULERING

Reguleringen af skibsfart (og derved luftforureningen fra skibsfart) sker traditionelt i IMO-regi og gælder globalt. Dette begrundes med den lette mulighed for udflagning af skibe til andre nationer, og de juridiske udfordringer forbundet med at regulere forureningen i internationalt farvand. I IMO-regi har det taget lang tid at indføre den nuværende miljøregulering. Dette skyldes, at beslutninger i IMO træffes af en global forsamling med meget forskellige interesser. Hvis IMO-reguleringen ikke strammes væsentligt, hvilket der ikke umiddelbart er udsigt til, så bliver det nødvendigt at supplere IMO-reguleringen med markedsbaseret og/eller regional regulering (via EU/USA). Kun derved kan der opnås en optimal regulering af skibsfartens forurening til gavn for folkesundheden og naturen. Nedenfor fokuseres derfor på tre muligheder for yderligere regulering af skibsfarten:

- 1) Regulering via IMO
- 2) Markedsbaseret regulering
- 3) Regional regulering

I forhold til 2011 reducerer den eksisterende IMO-regulering  $\text{SO}_2$ -udslippet pr. transporteret ton gods med ca. 90 procent fra 2015 i SECA-områderne og med ca. 90 procent udenfor SECA-områderne fra 2020 (evt. 2025 jf. tabel 7). Den totale forurening med  $\text{SO}_2$  reduceres lidt mindre pga. væksten i skibsfarten. Denne markante svovlreduktion vil samtidig give en væsentlig (men procentvis mindre) reduktion i partikeludslippet. På kort sigt er næppe mulighed for yderligere IMO-regulering af skibsfartens  $\text{SO}_2$ - og partikeludslip. I stedet skal sikres, at de besluttede IMO-krav opfyldes til tiden. Der er allerede en betydelig lobbyaktivitet for at få udskudt fristerne. Det bliver samtidig nødvendigt at nedbringe  $\text{SO}_2$ -emission yderligere på sigt, hvis skibsfarten skal blive en grøn transportform f.eks. ved at kombinere de beskrevne tekniske løsninger.

Det er vitalt snarest at få  $\text{CO}_2$ -udslippet fra skibsfart reduceret via en international aftale. Det mest hensigtsmæssige er en international afgift på fossilt skibsbrændstof (se nedenfor).

Der er samtidig akut behov for en meget strammere regulering af  $\text{NO}_x$ -forureningen fra skibsfart, da de besluttede reduktioner i IMO er så små, at de ikke engang modsvarer  $\text{NO}_x$ -forureningen fra den stigende skibsfart i selv de særlig  $\text{NO}_x$ -følsomme NECA-områder.  $\text{NO}_x$ -forureningen vil derfor vokse frem mod 2020 i NECA-områderne trods reguleringen, og  $\text{NO}_x$ -forureningen vil i 2020 være ansvarlig for langt størstedelen af de helbredseffekter skibsfarten forårsager. Som nævnt eksisterer flere teknologier (LNG, EGR og SCR), der kan reducere  $\text{NO}_x$ -forureningen med over 80 procent.

Derfor fokuseres hovedsageligt på yderligere regulering af  $\text{CO}_2$  og  $\text{NO}_x$ -forureningen i IMO-regi, hvori der også ses på forureningen med  $\text{SO}_2$  og partikler i forhold til markedsbaseret regulering og regional regulering, da disse former for regulering derved kan betyde en hurtigere indfasning af IMO-kravene og yderligere reduktioner af  $\text{SO}_2$  og partikler.

### Regulering via IMO

Der er flere muligheder for at regulere  $\text{CO}_2$ -udslippet fra skibsfart. For det første kan stilles nogle designkrav til nye skibe (så de sejler længere på literen), hvilket reducerer skibenes energiforbrug og derved reducerer forureningen med  $\text{CO}_2$  (samt  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  og partikler). Desuden kan indføres en afgift på skibenes brændstof, hvor provenuet anvendes til nye godkendte klimaprojekter i ulande og derved reducere  $\text{CO}_2$ -udslippet (i forhold til baseline, da reduktioner skal være additionelle). Dette vil samtidig forøge brændstofprisen og derved motivere til yderligere brændstofbesparelser, hvilket i sig selv reducerer  $\text{CO}_2$ -udslippet fra skibsfarten.



Disse forslag er begge fremsat af Danmark i IMO samt i processen op til klimatopmødet COP 17 i Durban sidst i 2011. Hvis forslagene vedtages i Durban, kan det fungere som retningslinier for en kommende vedtagelse i IMO. Flere vigtige ulande er imidlertid modstandere af designkravene, da de mener, at designkravene er et forsøg på at indføre bindende regler for reduktion af ulandes CO<sub>2</sub>-emissioner. Forslaget om afgifter på skibenes brændstof er indtil nu strandet på, at der ikke kan skabes enighed om afgiftsmodellen og provenuanvendelsen. Selv om der opnås forsat stigende tilslutning til afgiftsforslaget, så gør modstanden fra vigtige ulande (Kina, Brasilien, Indien, Sydafrika og Saudi-Arabien) det svært at få gennemført forslaget.

IMO-kravene til NO<sub>x</sub>-forureningen (figur 4) bør snart suppleres med krav om, at NO<sub>x</sub>-forureningen skal nedbringes 80 procent for alle Tier II motorer og tidligere i NECA-områder fra 2016. Fra 2020 skal kravet gælde alle skibe i alle farvande.

### Markedsbaseret regulering

Første skridt i en markedsbaseret regulering er at skabe gennemsigtighed på markedet, så der opstår fuld information om, hvor meget luftforurening lasten har givet anledning til. Dette kan gøres via en

miljømærkning af skibe fra A-E. Mærkningen skal baseres på reduktioner i forhold til en baseline, f.eks. fastsat på basis af hvor meget et tilsvarende skib i gennemsnit forurenede i 2011. Baseline og reduktionerne skal dokumenteres via en uafhængig og anerkendt revision. Miljømærket udstedes af en organisation, der f.eks. er udpeget af IMO og Verdensnaturfonden.

I tabel 9 er vist forslag til reduktionskravene i forhold til baseline for de forskellige miljømærker.

For at opnå en D-mærkning skal et skib altså reducere CO<sub>2</sub>-udslippet min. 30 procent, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>-udslippet min. 80 procent og partikeludslippet min. 50 procent. Som det fremgår af tabel 6 kan dette f.eks. opnås i en 2-takts motor via LNG, WHR og EGR. Ved yderligere at anvende en række af de beskrevne tekniske løsninger, der sænker brændstofforbruget (side 13) eller biobrændstoffer/biogas kan opnås et C-mærke. Et B-mærke vil derimod kræve en kombination af biobrændstoffer/biogas med meget lavt svovlindhold kombineret med en række af de beskrevne tekniske løsninger og er på kanten af, hvad der er teknisk muligt i dag. Et A-mærke vil kræve ny teknologi.

Tabel 9

	A	B	C	D	E
CO <sub>2</sub> <sup>1)</sup>	> 80 %	> 65 %	> 50 %	> 30 %	> 20 %
SO <sub>2</sub>	> 99 %	> 99 %	> 95 %	> 80 %	> 80 %
NO <sub>x</sub>	> 99 %	> 99 %	> 95 %	> 80 %	> 30 %
Partikler	> 99 %	> 95 %	> 70 %	> 50 %	> 30 %

Tabel 7: Forslag til reduktionskrav i forhold til baseline for de forskellige miljømærker.

1) I CO<sub>2</sub>-reduktionen modregnes klimaeffekten af methanudslip direkte fra motorerne og evt. CO<sub>2</sub>- og methanudslip fra produktion af eventuelle biobrændstoffer (biodiesel eller LBG: Liquid Biogas).



Mærkningen skal være frivillig ligesom FSC-mærket og Fairtrade (tidl. Max Havelaar). Via mærkning kan store globale virksomheder således stille krav til skibstransporten i deres miljøpolitik (CSR). F.eks. kunne en virksomhed stille krav om, at virksomheden vil anvende 40 procent D-mærkede, 30 procent E-mærkede og 30 umærkede skibe i 2015. For efterfølgende år kunne kravene så strammes.

Mærkningen muliggør, at virksomhedernes grønne regnskaber kan indeholde en kvantitativ oversigt over skibstransport fordelt på miljømærker. Derved gøres forureningen fra skibsfart synlig, og de grønne organisationer kan presse virksomhederne til at stille forsat mere ambitiøse miljøkrav. Det bliver ligeledes muligt for virksomhederne at stille miljøkrav til leverandørernes skibstransport. Og via pressen kan forbrugerne gøres opmærksomme på virksomhedernes skibsvalg i et miljømæssigt perspektiv, hvorved forureningen fra skibstransporten gøres synlig for slutbrugeren.

Derved vil nogle skibsredere se et økonomisk potentiale i at få mærket deres skibe, da dette bliver en forudsætning for at få visse transportopgaver. Hvis flere og flere virksomheder stiller miljøkrav til skibs-

farten, så vil flere og flere skibsredere få miljømærket deres skibe. Forsat mere ambitiøse miljøkrav fra virksomhederne, vil samtidig få rederne til at efterspørge forsat bedre miljømærker, hvilket er ensbetydende med en forsat reduceret forurening fra skibsfarten.

Den største tekniske udfordring i den foreslåede mærkningsordning er, at f.eks. containerskibe ofte transporterer last for mange forskellige kunder, som kan stille mange forskellige miljøkrav. Der kan derfor blive behov for noget fleksibilitet i en overgangsperiode. Men det er muligt at gennemføre. Lad os antage, at 10 procent af kunderne stiller krav om miljømærke C, 20 procent om miljømærke D, 40 procent om miljømærke E og 30 procent ikke stiller krav. Så kan hele lasten selvfølgelig sejles af et skib med miljømærke C. Men alternativt kunne lasten sejles, så den samlede forurening under hele sejladsen svarede til, at 10 procent af ruten var sejlet med et miljømærke C skib, 20 procent af ruten var sejlet med et miljømærke D skib og 40 procent af ruten var sejlet med et miljømærke E skib. Dette ville selvfølgelig forøge kravene til dokumentation og kontrol i overgangsperioden.

### Regional regulering

I forlængelse af ovenstående miljømærkning af skibsfarten kunne regionale områder (EU og USA) indføre havneafgifter efter skibenes miljømærke. Derved kunne det gøres meget dyrt for umærkede skibe at anvende havne i f.eks. EU og/eller USA, dyrt for E-mærkede skibe, halvdelt for D-mærkede skibe osv. Dette ville give skibsrederne (endnu) et økonomisk incitament til at få deres skibe miljømærket og eftermontere tekniske løsninger for at få et bedre miljømærke, hvorved havnegebyret og forureningen nedbringes. Regional regulering vil kræve, at alle havnene i et større område f.eks. EU og/eller USA har ens havneafgifter i forhold til miljømærkning. Havneafgifter skal derfor besluttet og opkræves på overnationalt plan af EU og/eller USA.

Forureningsreduktioner svarende til de mest ambitiøse miljømærker vil øge prisen på skibstransport markant, mens omkostningen ved at leve op til D-E er begrænset. Da transportomkostningerne for varer transporteret med skib typisk udgør under 2 procent af prisen for slutproduktet, så vil selv de mest ambitiøse miljøforanstaltninger have ringe praktisk betydning. En flaske vin fra New Zealand vil stige under en krone, hvis den fremover blev transporteret med et A-mærket skib, hvilket slet ikke ville kunne ses af slutbrugeren i forhold til den generelle inflation og supermarkedernes tilbud.

Der er derfor heller ikke reel risiko for, at markant strammere miljøregulering af skibsfarten vil reducere skibsfarten til fordel for andre transportformer, eller at regional regulering vil flytte skibsfarten til havne udenfor EU og USA. Rederne vil nemlig viderefakturere omkostninger fra forureningsreduktioner til kunderne på helt sædvanlig vis, og slutbrugere vil næppe opdage en prisforskel. Men samfundet vil til gengæld opleve store gevinster i form af bedre folkesundhed og større naturværdier.

Markedsbaseret og regional regulering via miljømærkning af skibsfarten skal ses som et supple-

ment til IMO-reguleringen. IMO-reguleringen bliver derved minimumkrav, mens miljømærkningen vil motivere til hurtigere og yderligere reduktioner af skibsfartens luftforurening.



# ERHVERVSPOTENTIALER

I forhold til skibsfart og tekniske løsninger til reduktion af skibsfartens luftforurening har Danmark en helt unik position. Danmark er nemlig både hjemsted for verdens største containerrederi, verdens største udvikler og leverandør af skibsmotorer og verdens førende clean-tech virksomheder indenfor røggasrensningsteknologier. I tilknytning hertil har Danmark udviklet verdens førende forsknings- og rådgivningsmiljøer i forhold til kortlægning og reduktion af luftforureningen fra skibsfart. På globalt plan er Danmark kendt som førende indenfor både søfart og clean-tech.

Danske rederier transporterer ca. 10 procent af verdenshandlen, mens 80 procent af 2-takts motorer til skibe stammer fra en dansk leverandør. Skibsfart incl. værfter, udstyrsproducenter m.v. danner grundlag for ca. 100.000 arbejdspladser i Danmark. Samtidig er skibsfart landets næststørste eksporterhverv med en valutaindtjening, der er vokset støt fra 25 mia. kr i 1992 til 175 mia. kr. i 2010. De danske transportskibe

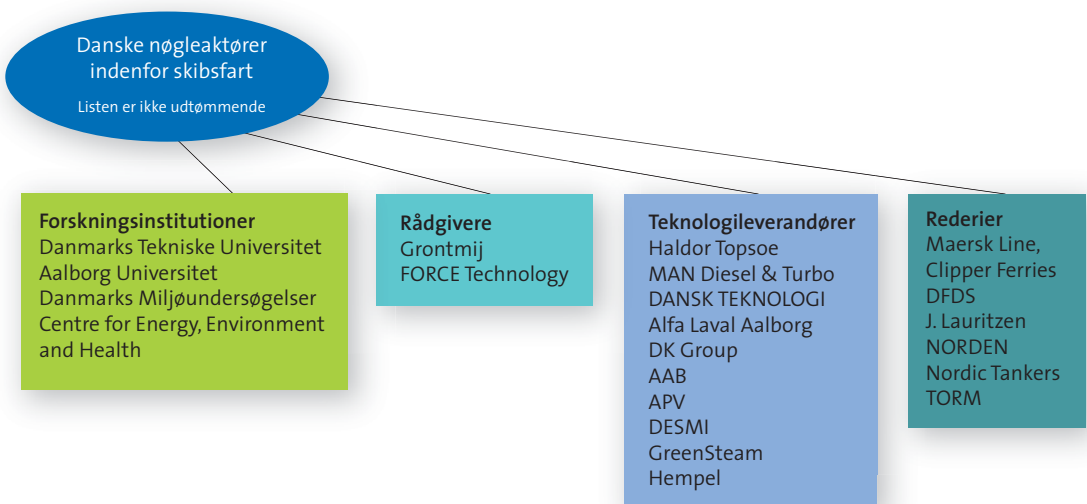
er generelt større og nyere end verdensflådens gennemsnit. Derved er luftforureningen (alt andet lige) mindre fra danske skibe sammenholdt med verdensflåden pr. transporteret ton last.

Det er muligt at foretage yderligere miljøregulering af skibsfarten og dermed forbedre miljøet uden at sætte indtjeningen og beskæftigelsen over styr. Rigtigt tilrettelagt kan det derimod fremme en videre udvikling af danske erhvervskompetencer indenfor søfart og de tilknyttede erhverv.

En række af de danske nøgleaktører indenfor skibsfart er vist i figur 6.

Opdelingen er dog ikke skarp, idet en række teknologileverandører (f.eks. Haldor Topsøe og MAN Diesel) har forskningsafdelinger og langt de fleste rederier og rådgivere (f.eks. Mærsk Line og FORCE Technology) deltager i forskningsprojekter sammen med teknologileverandører.

Figur 6



Figur 6: Danske nøgleaktører indenfor skibsfart



### Miljøregulering

Hvis der indføres yderligere miljøregulering af skibsfarten (se side 24), så er konsekvensen, at der sker en generel forskydning mod de mest miljørigtige skibe (generelt de største og nyeste skibe) og samtidig en stigende efterspørgsel på renere brændstof, røggasrensningsteknologier samt energi- og miljøeffektive skibsmotorer. Endelig vil gamle og meget forurenende skibe blive sendt tidligere til ophugning og erstattet af meget mere miljørigtige skibe med de nyeste teknologiske løsninger.

Yderligere miljøregulering vil således give et markant øget erhvervspotentiale for danske rådgivere, forskningsinstitutioner og teknologileverandører, da netop deres spidskompetencer i meget højere grad vil blive efterspurgt. Yderligere miljøregulering af skibsfarten vil derved muliggøre, at danske rådgivere, forskningsinstitutioner og teknologileverandører kan udnytte deres kernekompetencer til at høste store opgaver i et hastigt ekspanderende globalt marked for miljørigtig skibsfart.

Ved yderligere miljøregulering af skibsfarten kan danske rederier samtidig opnå en *first mover* fordel ved hurtigt at udnytte det eksisterende danske netværk af clean-tech virksomheder til at optimere danske skibe miljø- og energimæssigt. Danske rederier vil alt andet lige være et stort skridt foran mange konkurrenter, da danske rederier har nyere og større skibe samt en lang tradition for at samarbejde med danske rådgivere, forskningsinstitutioner og teknologileverandører.

Alt i alt vurderes derfor, at yderligere miljøregulering vil forbedre konkurrenceevnen for et absolut flertal af danske virksomheder beskæftiget indenfor eller i tilknytning til skibsfarten, og derved vil øge valutaandtjeningen markant fra den maritime sektor og de tilknyttede erhverv. Yderligere miljøregulering vil derved ikke bare stadfæste Danmarks status som førende søfartsnation, men derimod stadfæste og fremtidssikre landets status som førende grøn søfartsnation.

# ANBEFALINGER

En forudsætning for at realisere erhvervspotentialerne ved yderligere regulering er naturligvis, at der bliver gennemført en ikke-konkurrenceforvridende yderligere regulering af skibsfarten, og at danske rådgivere, forskningsinstitutioner, teknologileverandører og rederier formår at udnytte denne regulering til en fælles global konkurrencefordel.

## Yderligere regulering

Yderligere miljøregulering af skibsfarten skal fremmes ved at:

Forstærke og fortsætte det danske pres i IMO for miljøregulering i forhold til CO<sub>2</sub> fra skibsfart samt en aktiv politisk indsats i klimaforhandlingerne frem mod COP 17 i Durban i november 2011.

Skabe et pres for yderligere miljøregulering af NO<sub>x</sub>-forureningen i IMO ved at synliggøre de samfundsøkonomiske omkostninger ved den besluttede svage NO<sub>x</sub>-regulering.

Arbejde for yderligere reduktion af bunkeroliens svovlindhold på sigt i IMO-regi.

Få store multinationale virksomheder (IKEA, Nike, Wall-Mart m.v.) til at stille ambitiøse krav til miljømærkning (tabel 9) af deres egen og deres leverandørers skibstransport.

Få EU og USA til at stille lovkrav om opkrævning af havneafgifter, der afhænger af skibes miljømærkning.

Få havne i EU og USA til at indføre og opkræve havneafgifter ud fra skibes miljømærkning (indtil en egentlig regional miljømærkeafhængig havneafgift er indført ved lov jf. ovenfor).

Bakke al ikke-konkurrenceforvridende miljøregulering op både i og udenfor IMO-regi.

Presset for strammere miljøkrav i IMO-regi skal ske på "politisk niveau" via Søfartsstyrelsen, mens de øvrige anbefalinger med fordel kan gennemføres i samarbejde mellem myndigheder, rådgivere, forskningsinstitutioner, teknologileverandører, havne og rederier samt de grønne organisationer.

## Global konkurrencefordel

Konkurrencefordelene ved yderligere miljøregulering af skibsfarten skal høstes ved at:

Samle og for så vidt muligt koordinere interesserne i forhold til grønnere skibsfart blandt aktørerne i den danske maritime sektor dvs. rederier, rådgivere, forskningsinstitutioner, teknologileverandører, havne, myndigheder og grønne organisationer.

Stimulere en meget mere intens global markedsføring af Danmark som grøn søfartsnation – både i forhold til danske rederier og i forhold til relaterede clean-tech virksomheder indenfor rådgivning, forskning og miljøteknologi.

I Danmark eksisterer allerede flere tværfaglige netværk for branchens mange aktører (Partnerskab for Renere Skibsfart, Green Ship of the Future m.v.) men branchen fremstår forsat fragmenteret. Der er behov for at arbejde meget mere målrettet med en fælles strategi for, hvordan der indføres yderligere miljøregulering af skibsfarten, og hvordan konkurrencefordelene af miljøreguleringen høstes af danske rederier, clean-tech virksomheder og forskningsinstitutioner.

Endelig skal afslutningsvis nævnes, at der naturligvis skal arbejdes målrettet for, at den besluttede IMO-regulering gennemføres fuldt ud til tiden f.eks. ved at illustrere, hvordan dansk miljøteknologi allerede nu kan opfylde IMO's 2020-krav uden at påvirke skibsfartens konkurrenceevne markant.

## VIL DU VIDE MERE:

### Hjemmesider

Det Økologiske Råd: [www.ecocouncil.dk](http://www.ecocouncil.dk)

Danmarks Miljøundersøgelser: [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)

Centre for Energy, Environment and Health: [www.ceeh.dk](http://www.ceeh.dk)

Danmarks Rederiforening: [www.shipowners.dk](http://www.shipowners.dk)

Green ships of the future: [www.greenship.org](http://www.greenship.org)

Skibteknisk Selskab: [www.skibsteknisksselskab.dk](http://www.skibsteknisksselskab.dk)

The Air Pollution & Climate Secretariat: [www.airclim.org](http://www.airclim.org)

International Maritime Organisation: [www.imo.org](http://www.imo.org)

European Environmental Bureau: [www.eeb.org](http://www.eeb.org)

Transport & Environment: [www.transportenvironment.org](http://www.transportenvironment.org)

Miljøstyrelsen: [www.mst.dk](http://www.mst.dk)

Søfartsstyrelsen: [www.sofartsstyrelsen.dk](http://www.sofartsstyrelsen.dk)

### Nøglepublikationer

*Ship emissions and air pollution in Denmark. Present situation and future scenarios.*

Udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser for Miljøstyrelsen, Miljøprojekt 1307, 2009.

[www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2009/978-87-92548-77-1/pdf/978-87-92548-78-8.pdf](http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2009/978-87-92548-77-1/pdf/978-87-92548-78-8.pdf)

*Assessment of Health Cost Externalities of Air Pollution at the National Level using the EVA Model System*

Udarbejdet af det tværfaglige forskningscenter: Centre for Energy, Environment and Health, 2009.

[www.ceeh.dk/CEEH\\_Reports/Report\\_3/CEEH\\_Scientific\\_Report3.pdf](http://www.ceeh.dk/CEEH_Reports/Report_3/CEEH_Scientific_Report3.pdf)

*Market-based instrument for NOx abatement in the Baltic Sea.*

The Air Pollution & Climate Secretariat, 2009.

[www.airclim.org/reports/apc24.pdf](http://www.airclim.org/reports/apc24.pdf)



# RENERE SKIBSFART

– fokus på miljø, regulering og erhvervspotentialer

Skibsfarten står for omkring 90 procent af den globale varetransport og udgør derved fundamentet for den fortsat stigende internationale handel. Men skibsfartens markante volumen betyder samtidig, at den bidrager betydeligt til den menneskeskabte globale opvarmning og til luftforureningen med svovldioxid (SO<sub>2</sub>), kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>) og fine partikler.

Da skibsfartens luftforurening kan transporteres over meget store afstande, bidrager den markant til miljø- og sundhedseffekter på land. Hvert år forårsager luftforureningen fra skibsfarten ca. 50.000 for tidlige dødsfald i Europa og koster samfundet ca. 55 mia. Euro i helbredsskader. Dertil kommer skaderne på naturen i form af syreregn og ødelæggelse af unikke økosystemer.

I farvandene omkring Danmark sker årligt ca. 100.000 gennemsejlinger. Og da store containerskibe kun sejler 8-12 meter pr. liter bunkerolie, så afbrændes enorme mængder bunkerolie i dansk farvand med en tilknyttet høj luftforurening - større end forureningen fra alle danske landbaserede kilder.

Forureningen fra skibsfart i Nordsøen og Østersøen forårsager årligt ca. 4.000 tabte leveår i Danmark, ca. 250.000 luftvejslidelser og ca. 400.000 dage med nedsat aktivitet på grund af sygdom. Helbredseffekternes samfundsøkonomiske omkostninger skønnes til ca. 3 mia. kr. årligt i Danmark.

Hæftet fokuserer på luftforurening med CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og fine partikler fra skibsfart, de mange tekniske løsninger på luftforureningen, den eksisterende miljøregulering af skibsfarten og danske erhvervspotentialer ved yderligere miljøregulering af skibsfart. Formålet med hæftet er at inspirere beslutningstagere og nøgleinteressenter til at arbejde målrettet for yderligere begrænsning af skibsfartens forurening til gavn for danske erhvervsinteresser, klimaet, folkesundheden og naturen. Desuden er hæftet velegnet til naturvidenskabelig undervisning i gymnasiet og på de videregående uddannelser.



DET ØKOLOGISKE RÅD

Fremtidens miljø skabes i dag