Miljøprojekt nr. 367

1997

Emissioner fra skibe i danske farvande 1995-1996

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**

Miljøprojekt (Environmental Project)

Nr.

190 : Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1990
191 : Renere teknologi i jern- og metalstøberier
192 : Dimensionering af grødefyldte bassiner til okkerrensning
193 : Restprodukter fra røggasrensning ved affaldsforbrænding II
194 : Kildesortering i Kolding kommune
195 : Lokal-kompostering i tæt, lav bebyggelse
196 : Substitution af kviksølv i produkter
197 : Grønne indkøb i amter og kommuner
198 : Kommunale affaldsregulativer
199 : Vegetabilske olier - holdninger i den grafiske branche
200 : Vandfugle og søers miljøtilstand
201 : Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1991
202 : Genanvendelse kontra forbrænding af mælkekartoner
203 : Risikoscreening ved nyttiggørelse og deponering af slagger
204 : Miljø- og arbejdsmiljøvurdering af materialer
205 : Zooplankton i søer - metoder og artsliste
206 : 2-delt indsamling i etageboliger i Svendborg kommune
207 : 2-delt indsamling i etageboliger i Århus kommune
208 : Vejles affaldssystem
209 : Jernudvaskning ved dræning af arealer med jern i grundvand
210 : Branchebekendtgørelser som styringsmiddel i miljøpolitikken
211 : Okkerbelastning af jyske vandløb
212 : Miljø og arbejdsmiljø i den grafiske branche - bind 1: Ydre miljø
213 : Forbrug af og forurening med cadmium
214 : 3-delt indsamlingssystem for dagrenovation
215 : Forebyggende miljøarbejde
216 : Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner
217 : Indsamling af køleskabe og frysere
218 : Miljøvurdering af fotokemikalier
219 : Husspildevand og renere teknologi
220 : Indsamling af madaffald fra husstande i København
221 : Byggeriets materialeforbrug
222 : Rensning og recirkulering af industrivaskerivand
223 : Benzin- og dieselolieforurenede grunde
224 : Miljømæssig vurdering af mikrobiologiske plantebeskyttelsesmidler
225 : Spildevandsrensning ved ionbytning
226 : Organotin i danske farvande
227 : Miljøvurdering af SEBS og PET
228 : Miljøvurdering af EVA
229 : Miljøvurdering af EAA og EMA
230 : Chromfri, kemisk forbehandling af aluminium
231 : Vand- og stofbalance i en natureng
232 : Renere teknologi i Hvidovre Vandforsyning
233 : Renere teknologi i træ- og møbelbranchen i Nordjylland
234 : Renere teknologi i Hadsund kommune
235 : Emission af toluen fra dybtrykte tryksager
236 : Renere teknologi ved affedtning af aluminium
237 : PVC-holdige produkter i den grafiske branche
238 : Komposteringsanlæg Århus Nord
239 : Renere teknologi i den nordjyske fiskeindustri

Nr.

240 : Evaluering af Det Nordjyske Rammeprogram for Renere Teknologi
241 : Differentierede renovationsgebyrer
242 : Grøn, statslig indkøbspolitik
243 : Planteplankton - økologi
244 : Miljøvurderinger og substitutionsovervejelser
245 : Tilslutning af industrispildevand til kommunale renseanlæg
246 : Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1992
247 : Principper for fastsættelse af jordkvalitetskriterier
248 : Klorparaffiner i Danmark
249 : Emission af dioxiner fra pejse og brændeovne
250 : Økotoksikologiske kvalitetskriterier for overfladevand
251 : Phytoplankton - Ecology
252 : Emballagevalg og affaldsproduktion på sygehuse
253 : Miljørigtig projektering
254 : Ecotoxicological Evaluation of Industrial Wastewater
255 : Fældningskemikaliers indhold af miljøfremmede stoffer
256 : Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler
257 : Produktion og miljøforhold i papirindustrien
258 : Dyrkningsforsøg med kompost 1989-1993
259 : Vandforbrug i fremstillingsindustrien
260 : Industrispildevands miljøfarlighed
261 : Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1993
262 : Rensemaskiner med kulbrinter
263 : Grøn indkøbspolitik i amter og kommuner
264 : Dagrenovation fra private husholdninger
265 : Vægtafhængig dagrenovation - Tinglev Kommune
266 : Blæserensning og korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner
267 : Renere teknologi i malteri-, bryggeri- og mineralvandsindustrien
268 : Kortlægning af ressourcehåndtering i tekstil vådbehandling
269 : Miljøbelastning fra affaldsbehandlingsanlæg
270 : Genetisk modificerede herbicidresistente planter
271 : Rengøringsfunktionen på sygehuse
272 : Kliniske engangsartiklers miljøbelastning
273 : Røntgenfunktionens miljøbelastning
274 : Miljøfarlige kemikalier på sygehuslaboratorier
275 : Ånære arealers samspil med vandløb
276 : Demonstrationsejendomme for bedre udnyttelse af husdyrgødning
277 : Genetically Modified Animals
278 : Miljøfremmede stoffer i renseanlæg
279 : Renere teknologi i Grenås industri
280 : Bortskaffelse af elektronikprodukter
281 : Miljøprioritering af industriprodukter
282 : Neurotoxicology
283 : Ammoniakfordampning fra landbruget
284 : Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche
285 : Traffic PAH and Other Mutagens in Air in Denmark
286 : TIC-nettets indsats for renere teknologi i mindre virksomheder
287 : Miljøvurdering af EVOH og EVA
288 : Miljøvurdering af LLDPE
289 : Electronics and the Environment

Miljøprojekt nr. 367

1997

Emissioner fra skibe i danske farvande 1995-1996

Tom Wismann
dk-TEKNIK

Miljø- og Energiministeriet **Miljø**styrelsen

Miljøstyrelsen vil, når lejlighed gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

Indhold *3*

Sammendrag *7*

English Summary *11*

1 **Indledning** *15*

2 **Skibstrafikken i danske farvande** *17*

2.1 Trafikanalyse *18*
2.2 Færger *21*
2.3 Handelsskibe *26*
2.4 Fiskefartøjer *30*
2.5 Krigskibe *30*
2.6 Fritidsfartøjer *32*

3 **Emissioner fra skibe** *33*

3.1 Generelle forhold *33*
3.2 Miljøparametre *33*
3.2.1 Faststof *33*
3.2.2 Kvælstofforbindelser (NO_x) *33*
3.2.3 Kuldioxid (CO_2) *34*
3.2.4 Kulmonoxid (CO) *34*
3.2.5 Svovlforbindelser (SO_2) *34*
3.2.6 Polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH) *34*
3.2.7 Måling af PAH *35*
3.2.8 Tungmetaller *38*

4 **Maskinanlæg** *39*

4.1 Hovedmaskineri *39*
4.1.1 Dieselmotorer *39*
4.1.2 Dampturbiner *40*
4.1.3 Gasturbiner *40*
4.1.4 Atomreaktoranlæg *40*
4.2 Hovedmaskineri *41*
4.2.1 Hjælpemaskinieriets brændstofforbrug *42*

5 Oliekvaliteter *45*

5.1 Oliekvaliteter generelt *45*
5.2 Fuelolie *46*
5.3 Gasolie *46*
5.4 Oliekvaliteter/skibstyper *46*
5.5 Indkøb af bunkers *47*
5.6 Priser *48*

6 Internationale konventioner *49*

6.1 MARPOL/IMO *49*

7 Dansk farvand *51*

7.1 Hvad er dansk farvand *51*

8 Skibstrafikken på danske havne *53*

8.1 Havne *53*
8.2 Havneanløb *53*
8.3 Lloyds Maritime Information Services *53*
8.4 Trafikken til og fra EU *54*

9 Beregninger *59*

9.1 Generelt *59*
9.2 Farvandsområde *59*
9.3 Generelle emissionsfaktorer *59*
9.4 Emissioner fra færger *60*
9.5 Emissioner fra handelsskibe *64*
9.6 Emissioner fra fiskefartøjer *67*
9.7 Emissioner fra krigskibe *68*
9.8 Emissioner fra fritidsfartøjer *68*
9.9 Samlet opgørelse over emissioner fra skibe *70*
9.10 Brændstofforbrug *70*

10 Sammenligning af emissioner *73*

10.1 Generelt *73*
10.2 Sammenligning af emissioner *73*

11 **Fremtidsudsigter** *77*

11.1 Fremtidens skibe *77*
11.2 Fremtidens maskinerier *78*

12 Afslutning *79*

13 Bilagsoversigt 81

Sammendrag

Dette projekt belyser roggasemissionerne fra skibes motorer ved passage af, og sejllads i dansk farvand.

Opmærksomheden skal henledes på, at en betydelig del af emissionerne hidrører fra udenlandske skibe.

Tidligere er benyttet det fra dansk havn solgte bunkers, som udtryk for energiomsætningen i skibe i danske farvande og emissioner udregnet udfra dette. Denne rapport beregner emissioner og olieforbrug udfra det faktiske sejlladsmønster i danske farvande.

Dansk farvand er i denne forbindelse defineret som farvandsområdet beliggende mellem den 6 og 16 længdegrad, og med nordlig begrænsning af Norge/Sverige og en sydlig begrænsning af Holland/Polen.

Rapporten skelner mellem 4 hovedgrupper af skibe: Færger, handelsskibe, erhvervsfiskefartøjer og fritidsfartøjer.

Skibstrafikken i danske farvande er meget intens, således udsejler færger i danske farvande årligt en distance på 7.000.000 sømil / 13.000.000 km, hvilket svarer til ca. 300 gange jorden rundt. Danske havne har årligt flere end 740.000 færgeanløb og 34.000 anløb af handelsskibe.

I nedenstående er foretaget en opstilling af emissioner fra de forskellige kategorier af skibe, der omtales i denne rapport. De beregnede emissioner er baseret på Lloyds emissionsfaktorer.

Komponent	Færger tons/år	Handelsskibe tons/år	Fiskefartøjer tons/år	Fritidsfartøjer tons/år
Faststof	3.600	3.800	150	30
NO_x	34.000	44.000	8.800	41
CO_2	1.900.000	1.740.000	490.000	11.000
CO	4.400	4.200	1.200	2.000
SO_2	10.100	23.600	620	59
TOC	1.400	1.300	370	810

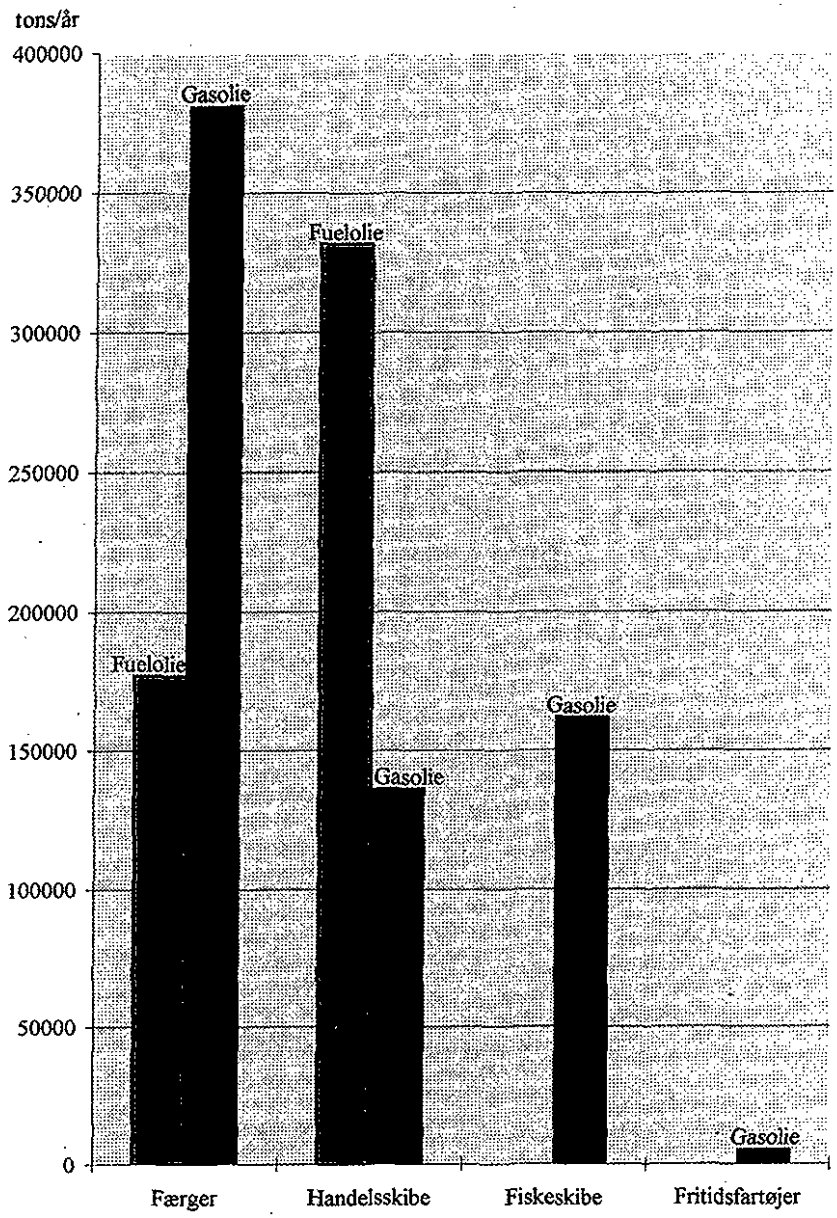
Årlige emissioner fra skibe, inddelt efter skibstype.

Komponent	Emissioner tons/år
Faststof	7.600
NO_x	87.000
CO_2	4.100.000
CO	12.000
SO_2	34.000
TOC	4.000

Årlige emissioner fra skibe i danske farvande.

Olieforbruget indenfor de enkelte kategorier af skibe er, i en vis grad, en god indikator for emissionerne fra de enkelte kategorier. Der er derfor foretaget en opgørelse af olieforbruget indenfor de enkelte skibskategorier. Udfra denne opgørelse findes følgende forbrug.

Årligt olieforbrug



I diagrammet ovenfor ses brændstofforbruget fordelt på de fire hovedgrupper af skibe.

Af ovenstående ses, at den største energiomsætning finder sted ombord i færger i danske farvande.

Det ses endvidere, at fiskeskibes andel af det samlede olieforbrug er på et forholdsvis højt niveau, hvilket måske ikke umiddelbart var at forvente.

Da olieforbruget ombord i skibe hidrører fra skibe af mange nationaliteter, er det helt nødvendigt, at eventuelt fremtidige

grænseværdier til skibsfarten formuleres gennem internationale organisationer.

Emissionerne fra skibe er på et niveau, hvor de bør indgå i beregningerne af de samlede emissioner, der tilføres atmosfæren over Danmark.

Det vil på trods af dette være en fordel, hvis der i fremtiden kunne flyttes mere transport overpå skibsfarten, idet energiforbruget og dermed også emissionerne ved skibstransport kun udgør en brøkdel af, hvad der kræves, hvis samme transportmængde skulle transporteres med bil, bane eller fly.

English Summary

This purpose of this project is to determine the amount of exhaust emissions from ships operating in Danish waters.

Formerly the amount of bunkers sold from Danish harbours has been used for calculating emissions from ships in Danish waters. This report calculates the emissions from ships in Danish waters from the actual traffic pattern.

Danish water is in this context defined as the waters between the 6th and 16th eastern longitudinal with a northern boundary on Norway and Sweden and a southern boundary made by Holland and Poland.

In this report ships is divided into 4 main groups: Ferries, merchant ships, fishing vessels and leisure boats.

The traffic in Danish waters is intense. Ferries travels 7.000.000 nautical miles/ 13.000.000 kilometres yearly in Danish waters. This distance relates to 300 times around the globe. Danish ports are called 34.000 times a year by merchant ships.

Component	Ferries tons/year	Merchant ships tons/year	Fishing vessels tons/year	Leisure boats tons/year
Particulates	3.600	3.800	150	30
NO_x	34.000	44.000	8.800	41
CO_2	1.900.000	1.740.000	490.000	11.000
CO	4.400	4.200	1.200	2.000
SO_2	10.100	23.600	620	59
TOC	1.400	1.300	370	810

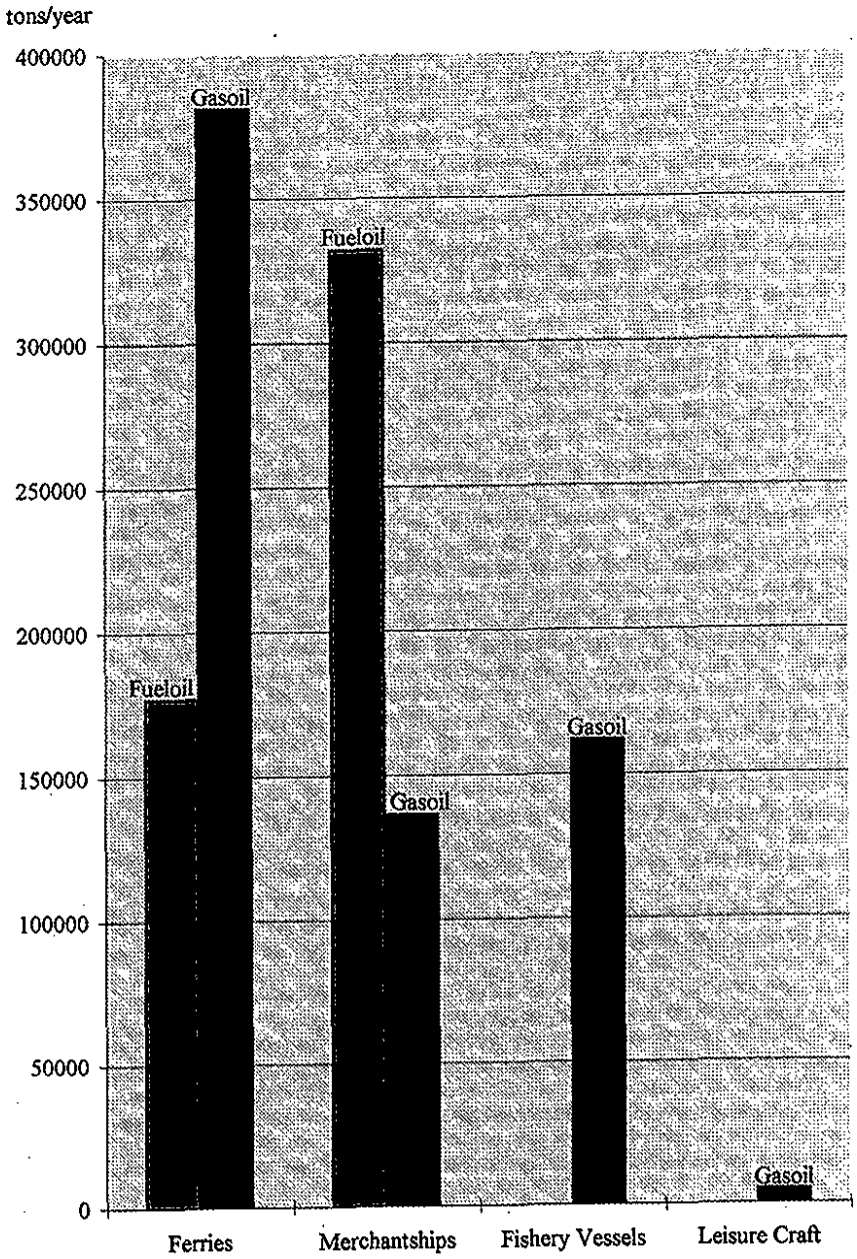
Yearly emissions by ship category.

Component	Emissions tons/year
Particulates	7.600
NO_x	87.000
CO_2	4.100.000
CO	12.000
SO_2	34.000
TOC	4.000

Total emissions from ships in Danish waters.

Fuel consumption by the different categories of ships is, to a certain degree, an indicator for the amount of emissions .

Fuel consumption has been calculated for the 4 categories of ships giving the following amounts.



The diagram shows fuel consumption by the 4 categories of ships mentioned in this report.

As found from the above the largest consumption of fuel takes place aboard ferries in Danish waters.

It is also seen from the diagram that fuel consumption aboard fishing vessels is on a scale that might not have been expected.

As fuel is burned in ships of many flags it is essential that future legislation concerning emissions from ships, must be agreed through International Organisations.

Emissions from ships is on a scale that has to be taken into account when the total sum of emissions to the atmosphere are calculated. When the total sum of emissions to the atmosphere are calculated.

Anyway it will be a good idea in the future to shift transport from , lorries, trains and planes to shipborne transport as ship transportation can be undertaken for a fraction of the energy consumption needed by the land and air alternatives.

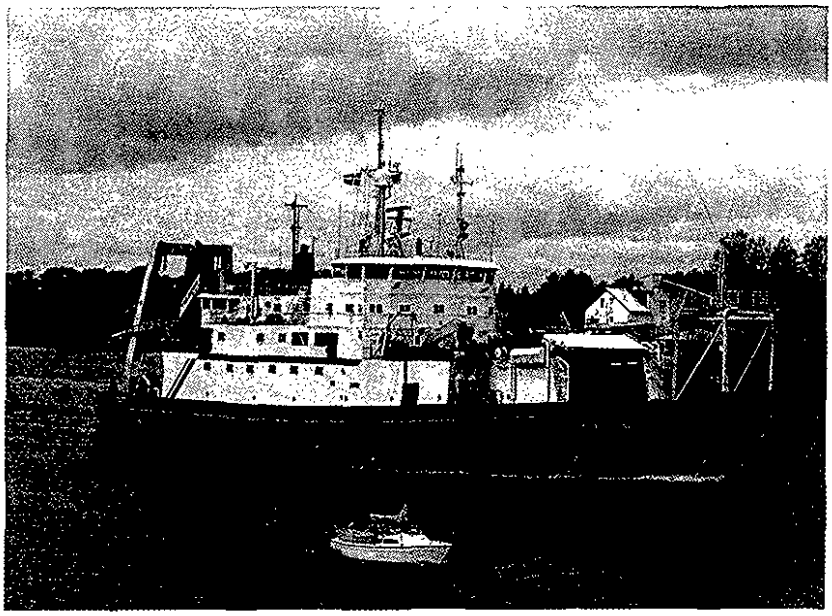
1 Indledning

Nærværende rapport om "Emissioner fra skibsfarten i danske farvande" er udarbejdet for Miljøstyrelsen for at give et overblik over de samlede røggasemissioner fra skibsfarten. Rapporten er baseret på et forprojekt, Emissioner fra skibe i danske farvande, 1994, som er udbygget med yderligere undersøgelser i 1995 og 1996.

Emissionsparametre

Rapporten sigter på at belyse emissionsforholdene omkring udledninger af faststof, NO_x, CO_2, CO, SO_2, TOC og PAH fra skibes hoved- og hjælpe-motorer. En sådan undersøgelse er ikke tidligere foretaget i Danmark, og der foreligger ingen samlede beregninger, der belyser disse forhold. De i rapporten foretagne beregninger er baseret på oplysninger indhentet hos relevante rederier og myndigheder, samt udfra kendskab til relevante emissioner fundet ved målinger på dieselmotorer.

Det har på nogen områder været nødvendigt at foretage skøn, da en del af de ønskede oplysninger ikke har kunnet fremskaffes. Her tænkes specielt på oplysninger vedrørende olieforbrug og oliekvalitet ombord i handelsskibe, der passerer dansk farvand, men også manglende konkrete oplysninger vedrørende visse færger i fast fart.



Kabelskibet Peter Faber
Peter Faber, der er en kabellægger, er et godt eksempel på et specialskib. 2845 BT, længde 78 m, bredde 14 m, 13 kn, 2 x 1170 kW. Foto: Seapress.

Fastlæggelse af niveauer

Rapporten søger at fastlægge hvilke nivauer, der er tale om, og foregiver ikke at kunne foretage en helt præcis bestemmelse af de faktiske

emissioner. Det er dog forfatterens skøn, at de fundne værdier ikke er langt fra de faktuelle forhold.

Emissioner fra skibsfarten har, som nævnt, ikke tidligere været genstand for en nærmere undersøgelse. Udviklingen i Danmark og i verden som helhed betyder, at der fra brede kredse i offentligheden og fra offentlige myndigheders side er en større og større bevidsthed omkring miljøforhold. Dette betyder også øget interesse for miljøforhold omkring skibsfarten. Det har selvfølgelig betydning, at emissionerne fra mange store landanlæg (kraftværker og forbrændingsanlæg) reduceres ved installation af røgrensningsanlæg. Disse reduktioner betyder, at den procentuelle andel af forurenende emissioner fra skibsfarten øges.

Eftertanke

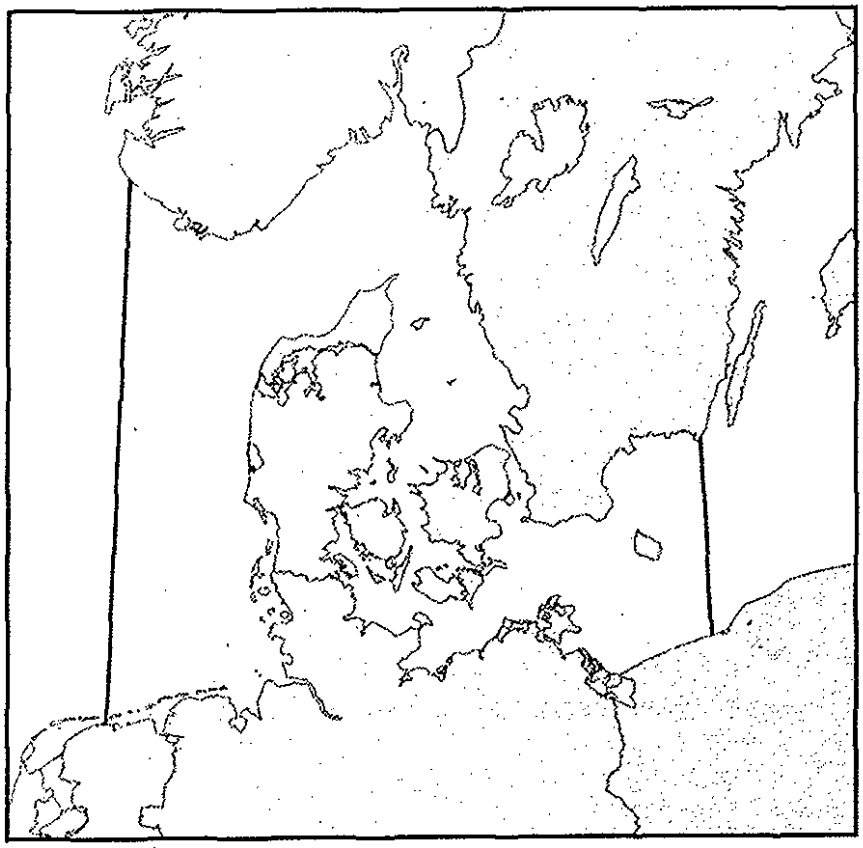
Det kan give stof til eftertanke, at der på et landanlæg, f.eks. et kraftværk, foretages investeringer i million og milliard størrelsen for at installere røgrensninganlæg, og at skibet der leverer kul til kraftværket, sandsynligvis benytter fuelolie som brændstof med et højt svovindhold (2,5-3,5 %) samtidigt med, at de udledte emissioner af NO_x fra dieselmotorer er betragtelige.

Rapporten foretager en samlet beregning af de emissioner, der udledes til atmosfæren over dansk område stammende fra skibsfarten. Rapporten giver også en orientering omkring maskinanlæg benyttet ombord i skibe, skibstyper, og giver forklaring på en lille del af de ord og udtryk, der benyttes omkring det maritime miljø. Dette er gjort for, at den ikke skibskyndige læser kan få nogen indføring i en del af den maritime terminologi.

Det fremgår af rapporten, at det er ganske store emissioner, der kommer fra skibsfartssektoren. Enhver læser bør imidlertid holde sig for øje at energiforbruget og dermed emissionerne ved godstransport til søs kun udgør en brøkdel af, hvad energiforbrug og emissioner udgør hvis den samme godsmængde skulle transporteres med bil, bane eller fly. Herudover er skibstransport meget miljøvenlig, idet mange af de afledte miljøbelastninger som støj, vibrationer og trafikskader, så godt som ikke findes ved søtransport.

2 Skibstrafikken i danske farvande

Skibstrafikken i de danske farvande er ganske intens. I denne rapport er danske farvande defineret som farvandet, der ligger indenfor følgende begrænsninger: Den vestlige begrænsning ligger langs den 6 østlige længdegrad med en nordlig begrænsning af Norge og en sydlig begrænsning af Holland. Den østlige begrænsning ligger langs den 16 østlige længdegrad og nord/syd begrænsninger udgøres af Sverige og Polen. Afgrænsningen af farvandsområdet er foretaget i lighed med, hvad der ses i svenske rapporter.



På kortet ses det farvandsområde, der i rapporten er regnet med som dansk farvand.

Der er i det viste farvandsområde en intensiv trafik af færger, fiskeskibe og alle typer handelsskibe.

Der er trafik af færger på tværs (øst-vest) og på langs i farvandene (nord-syd).

Handelsskibe er i fart mellem Østersøhavne, danske havne, og passerer danske farvande på vej ud i verden.

Fiskeskibe optræder i hele det danske farvandsområde fra Bornholm til Nordsøen.

Hovedtrafikårerne gennem danske farvande går gennem de forholdsvis smalle farvande Sundet, der passeres af ca. 33.000 skibe om året, og Store Bælt, der passeres af ca. 24.000 skibe om året.

Trafikken nord-syd gennem Lille Bælt er forholdsvis begrænset og udgøres hovedsageligt af trafik til og fra havne i dette farvandsafsnit. Lille Bælt passeres af ca. 4.300 skibe om året.

Der er også en hovedtrafikåre syd om Lolland til og fra henholdsvis Kielerkanalen og den østlige Østersø. Denne rute passeres af ca. 43.000 skibe om året.

2.1 Trafikanalyse

Oplysninger omkring trafikforholdene er oplyst af Danmarks Statistik, Søværnets Operative Kommando og "Kielerkanalen".

Bemandede udkigsstationer

Tidligere havde Farvandsvæsenet et antal bemandede fyr, fyrskibe og kystudkigsstationer. Disse anlæg indrapporterede alle skibe, som passerede, og det var derfor muligt at foretage trafiktællinger, hvor antal og type/størrelse af de passerende skibe kunne opgøres. Dette er i dag ikke muligt, idet alle bemandede fyrskibe er inddraget og erstattet med automatiske fyr. Bemandede fyr findes næsten heller ikke mere, og antallet af kystudkigsstationer er i de senere år stærkt reduceret.

I dag leveres oplysninger om trafikken i danske farvande som en kombination af rapporteringer fra havnemyndigheder og Søværnets daglige farvandsovervågning af danske farvande.

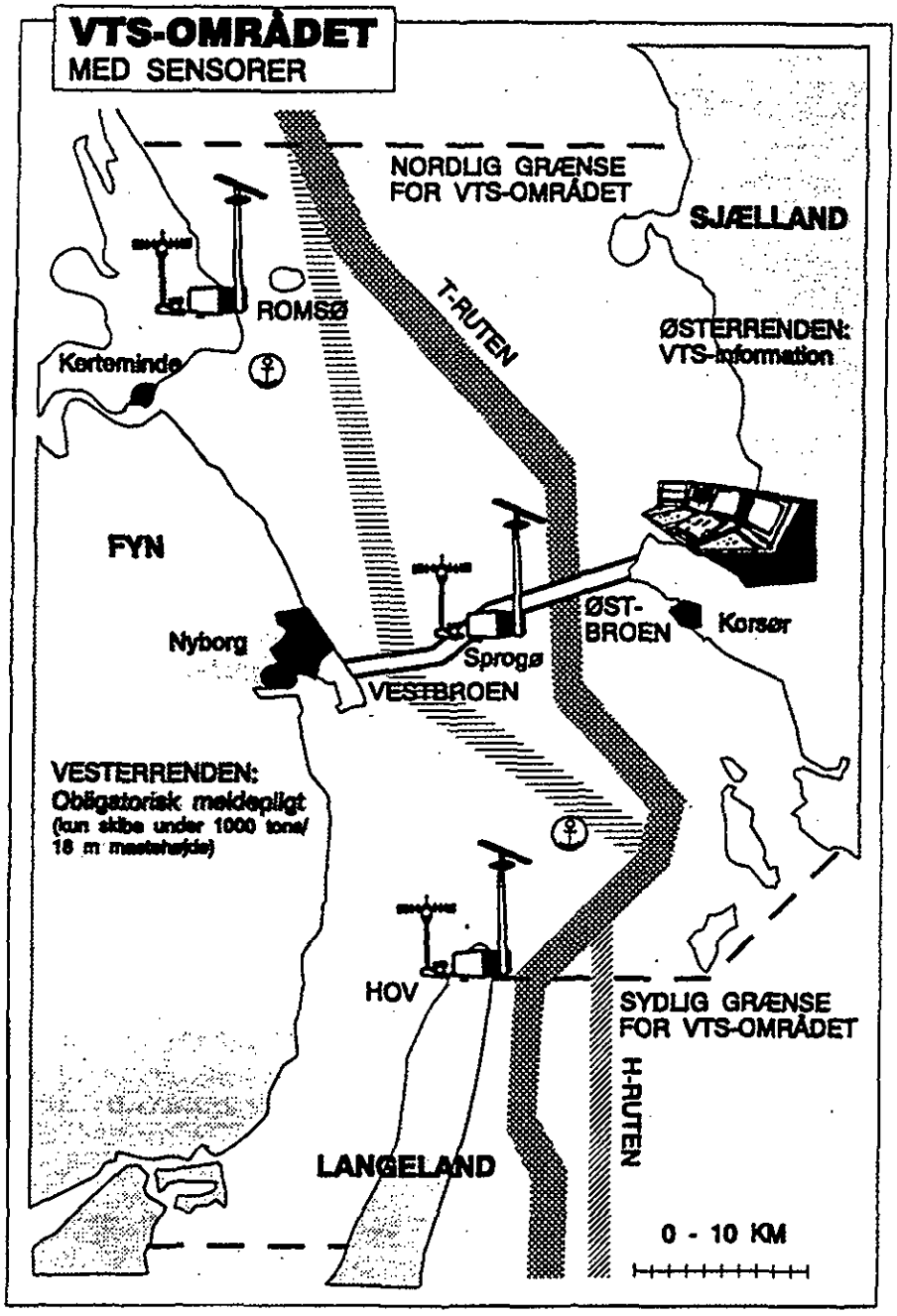
Farvandsovervågning

En af Søværnets opgaver er blandt andet at foretage overvågning af sejladsen i de danske farvande. Dette gøres ved hjælp af Søværnets egne skibe og kystudkigsstationer i samarbejde med havnefogeder, politi, toldvæsen, Farvandsvæsenet og Marinehjemmeværnet. De indsamlede oplysninger samles hos Søværnets Operative Kommando (SOK) i Århus, der har leveret oplysninger omkring sejladsmønstret i de danske farvande.

I forbindelse med bygningen af Store Bælt og Øresundsbroerne er der oprettet såkaldte VTS-systemer i Store Bælt og Øresund. VTS står for Vessel Traffic Service og er en organisation, der skal hjælpe og vejlede skibsfarten ved passage af broerne. Dette gøres fra et VTS-center, der betjener sig af en række eksterne, fjernbetjente, sensorstationer. Sensorstationerne er udrustet med det mest moderne udstyr, der omfatter radar, radio, radiopejler, infrarød sensor og "Low Light Television" (LLTV). VTS-centret foretager løbende en registrering af skibspassager i Store Bælt og Øresund.

VTS fartøj

Til hjælp for VTS-centrene er der i Store Bælt og Øresund indsat såkaldte VTS-fartøjer, der på havet kan foretage en visuel identifikation og vejledning af skibstrafikken på stedet.



VTS område "Store Bælt" med sensorer. Kilde: Tidsskrift for søvæsen.

Bælterne og Sundet passeredes i 1995 af følgende antal skibe.

Sted	Antal passager
Store Bælt	23753
Øresund	33242
Lille Bælt	4305

Antal skibspassage af bælterne og Øresund i 1995.

For Store Bælt og Øresund haves fra henholdsvis VTS Store Bælt og VTS Drogden detaljerede oplysninger, om hvilke skibstyper og indenfor hvilke størrelserkategorier de passerende skibe tilhører.

Store Bælt 1995

Skibstype	0-1599 tdw	1600-19999 tdw	20000-39999 tdw	>40000 tdw	Sum
Tankskibe	489	1759	703	766	3717
Kemikalie tankskibe	19	444	25	2	490
Gastankere	29	162	51	7	249
Stykgods	751	2334	53	3	3141
Bulk	27	903	931	711	2572
Container	16	958	9	13	996
Coastere	3082	222	0	0	3304
RO/RO	155	1633	17	0	1805
Færger	582	1379	29	0	1990
Andre *	4038	1304	15	132	5489
Total	9188	11098	1833	1634	23753

Fordeling på forskellige skibstyper og størrelser på skibe der passerer Store Bælt i 1995.

Nationaliteter

I Sundet er der foretaget en opgørelse over, hvilke nationaliteter de mest gennemsejlende skibe tilhører. I nedenstående tabel er angivet den procentuelle andel af de 10 mest gennemsejlende nationer.

Nationalitet	Procentuel andel
Rusland	19
Danmark	16
Sverige	13
Norge	8
Holland	6
Tyskland	6
Polen	4
Cypern	4
Finland	3
Estland	3
Sum	82

Opgørelse af de 10 lande der har det største antal passager af skibe i Øresund i 1996

2.2 Færger

Danmark er et ørige, og derfor udgøres infrastrukturen blandt andet af et stort antal færgeruter, der besejles af store og små færger. Disse færger er i fart mellem danske øer, landsdele og mellem Danmark og forskellige udenlandske havne. Færgerne tranporterer gods, passagerer, biler og tog. Når man til daglig taler om færger, ser de fleste mennesker Scandlines (tidligere DSB rederi) store færger for sig, men der findes også et stort antal mindre og små færger. Disse færger, der måske er knap så markante i størrelse og i offentlighedens bevidsthed, udgør en vigtig del af den danske infrastruktur, idet de sikrer forbindelsen til de mange danske små-øer.

Store forskelle

For at give et indtryk af størrelsesforskellene af færger kan der i den store ende af skalaen nævnes "Crown of Scandinavia" (København-Oslo) med

en længde på 169 meter og maskinkraft på 24.000 kW, til den lille "Hjarnøsund" (Havnsø-Nekselø) med en længde på 15 m og med 90 kW på hovedmaskinen.

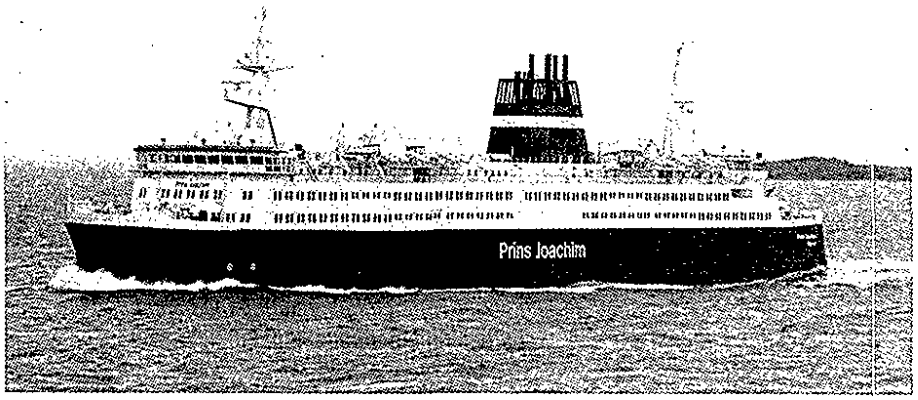
Antal færgeruter

I Danmark er der ialt 85 færgeruter (med færger større end 100 tons), der besejles af ca. 140 færger. De 33 af ruterne besejles af store færger såsom Molslinien og Scandlines IC-færger med mange faciliteter, og 46 ruter besejles af små færger (ø-færger) med begrænsede eller ingen faciliteter. I 1995-96 er der i danske farvande 6 ruter med hurtigfærger.

I det efterfølgende er ruterne opdelt i primærruter, sekundærruter, internationale ruter og ruter med hurtigfærger.

Primære ruter

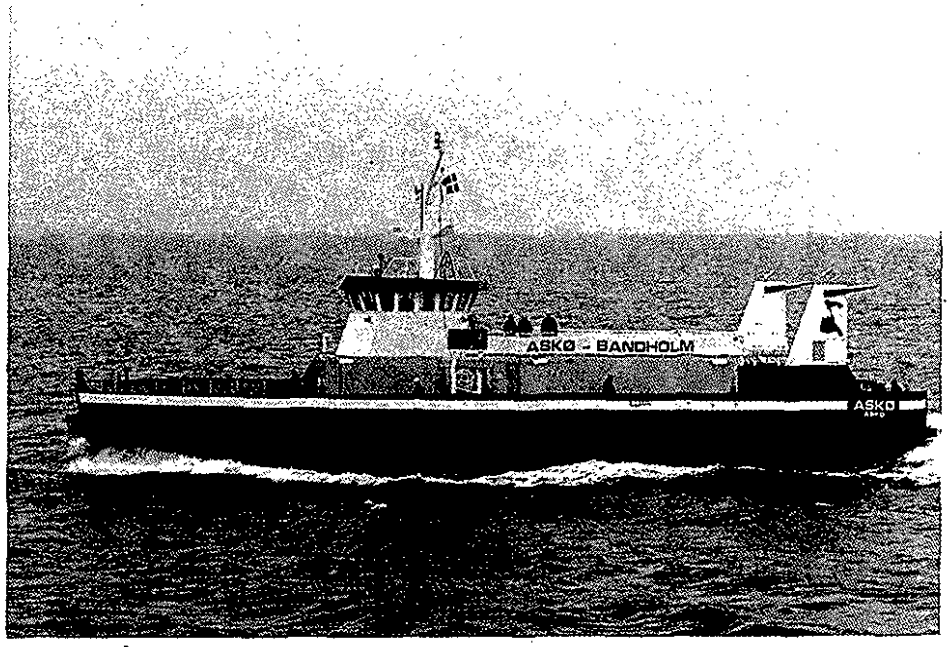
De primære ruter besejles af store færger, der sejler mellem landsdelene. Som typiske for disse primære ruter kan nævnes Halvskov-Knudshoved og København-Rønne. Disse ruter overfører passagerer og biler. På nogle af de primære ruter er indsat færger specielt indrettet til at transportere tog og passagerer. Disse færger benævnes togfærger, og som et eksempel på en sådan rute kan nævnes Korsør-Nyborg. Denne rute betjenes af 3 store togfærger, der i daglig tale også kaldes Intercityfærger, da deres sejlads-mønster er tilpasset Intercity togene. Endvidere kan det nævnes, at Korsør-Nyborg ruten også besejles af færgen ASA THOR, der normalt alene transporterer farligt gods. De enkelte primære ruter er angivet på bilag 1.



Scandlines færgen Prins Joachim
Intercityfærge, bygget til transport af tog. Færgen kan transportere 2000 passagerer og 500 meter togvogne. 10.700 brt, længde 152 m, bredde 24 m, fart 19 kn, 18.000 kW. Foto: Bent Mikkelsen.

Sekundære ruter

De sekundære ruter besejles hovedsagdeligt af mindre og små færger. De sekundære ruter betjener de fleste af de danske beboede småøer. Disse færger er meget vigtige for disse lokalsamfund, idet de opretholder forbindelsen til "hovedlandet". De fleste samfund på de danske småøer er helt afhængige af "deres" færger, idet disse transporterer alt nødvendigt gods til og fra øerne. Mange steder er øsamfundene så små, at der ikke er skole på øen, hvorfor børn tager færgen for at komme i skole, som man andre steder tager bussen. De enkelte sekundære ruter er angivet på bilag 2.



Færgen Askø
Askø er en af de nyeste ø-færger, der besejler de danske småøer. 202 BT. længde 33 m, bredde 10,4 m, 440 kW. Foto: Bent Mikkelsen.

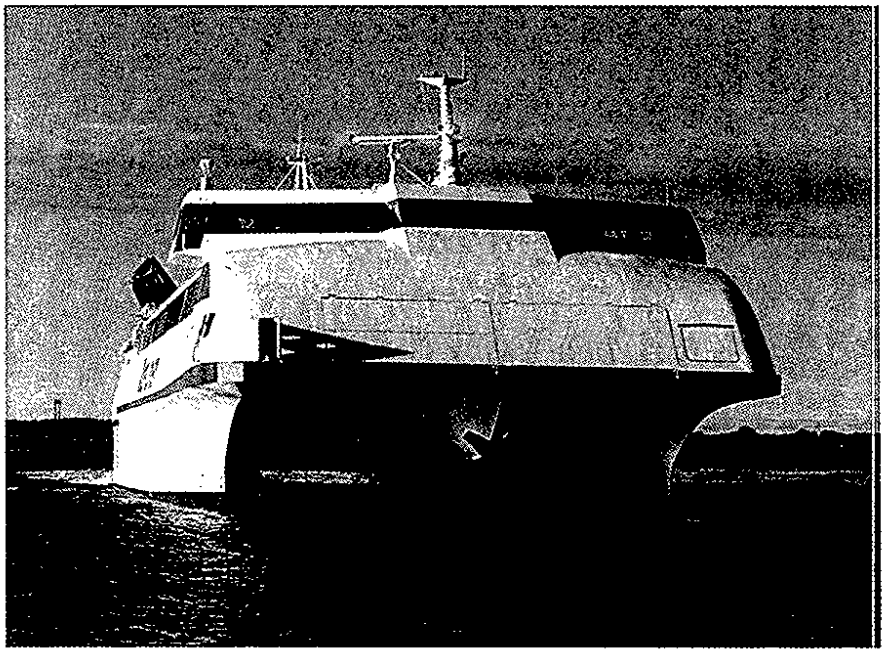
Internationale ruter

De internationale ruter besejles af store eller meget store færger. Flere af disse er blandt verdens største færger, f.eks. den nævnte "Queen of Scandinavia". Disse store færger er udrustet med alle moderne bekvemmeligheder bl.a. restauranter, swimmingpools, biografer m.m.

Der er forbindelse til/fra følgende lande: Sverige, Norge, England, Tyskland, Polen, (Baltikum) og Færøerne/Island (sommer). De enkelte internationale ruter er angivet på bilag 3.

Hurtigruter

I 1995-96 er der på et antal eksisterende ruter indsat hurtigfærger. Det drejer sig om Odden-Ebeltoft, Kalundborg-Århus og Gedser-Rostock. Udover de nyoprettede ruter har ruten Frederikshavn-Göteborg og København-Sverige i nogle år været betjent af hurtigfærger. De nye hurtigfærger er indsat som komplementære færger til eksisterende konventionelle færger. De nævnte ruter besejles derfor stadig af konventionelle færger, der hovedsagdeligt sørger for transport af den tunge trafik af lastbiler. Visse af hurtigfærgerne har udover muligheden for transport af personer og personbiler, en begrænset kapacitet med hensyn til transport af lastbiler. Indsættelse af hurtigfærger på de nævnte ruter har medført, at overfartstiden er blevet reduceret med ca. 50 %. De enkelte hurtigfærgeruter er angivet i bilag 4.



Hurtigfærgen Mai Mols
Færgen er bygget af aluminium og har en vægt på 250 tdw. Færgen er udrustet med 2 gasturbiner, der yder en maksimal effekt på ialt 24.800 kW. Dette giver "MAI" en fart, fuldt lastet, på 45 knob. Brændstofforbruget er ved denne fart 116 liter gasolie pr. minut. Emission af NO_x er meget gunstig ved brug af gasturbiner, ca. 30 % i forhold til emission fra dieselmotorer. Foto: Bent Mikkelsen.

Ved at se på opdelingen af færger i de tre grupper fås følgende fordeling på de forskellige ruter:

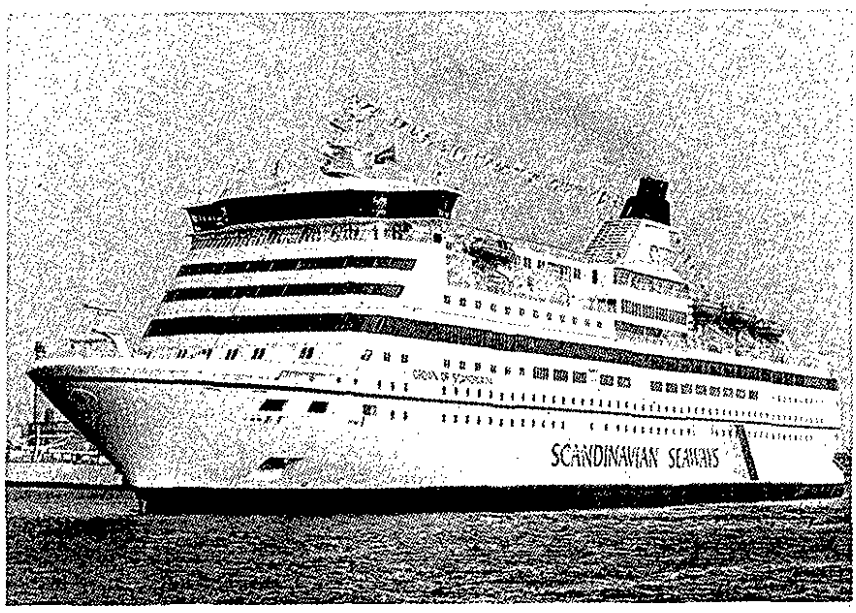
Ruter	Antal færger
10 primære	28
39 sekundære	49
33 internationale	50
6 hurtig	14

Fordeling

Ved at se nærmere på de 4 førnævnte hovedgrupper er det muligt, at opgøre antallet af afgange, udsejlet distance og også hvor mange kWh/år, der pr. år forbruges på hver af de 4 hovedgrupper.

Ruter	Afgange/år	Udsejlet distance/år	MWh/år	Installeret motoreffekt
	Antal	Sømil	MWh/år	MW
Primære	104.000	1.700.000	760.000	210
Sekundære	435.000	930.000	52.000	20
Internationale	156.000	2.820.000	1.580.000	423
Hurtig	50.000	1.340.000	500.000	423

Af skemaet ses, at det største antal afgange findes ved de sekundære ruter. Dette er ikke helt overraskende, idet et stort antal af disse ruter har en ganske kort overfartstid på måske nogle få minutter, men til gengæld mange daglige afgange. Energiomsætningen på de sekundære ruter er langt den mindste af de 4 færgegrupper.



Crown of Scandinavia
Crown of Scandinavia er en af de meget store passagerskibe i rute mellem København og Oslo. Skibet kan transportere 2200 passagerer og 450 biler. 35.300 bt, længde 170 m, bredde 28 m, fart 21,5 knob, 26.000 kW. Foto: Bent Mikkelsen.

Færgeselskaber

Færgerne bliver drevet af et antal nationale og udenlandske rederier. Af rederier, der besejler danske havne, kan nævnes Scandlines, Deutche Fähre Ostsee, Stena Line, Bornholmstrafikken, Molslinien, Øresundsselskabet, Sundbusserne, Lion Ferry, DFDS Scandinavian Seaways, Color Line med flere. Udover de nævnte rederier, der driver de primære ruter, drives mange af de sekundære ruter af mindre private og offentlige rederier. Ved offentlige rederier forstås kommuner, der yder driftstilskud til nogle af de mange småfærger, der sikrer transporten til og fra småøer.

2.3 Handelsskibe

Handelsskibe er en fælles betegnelse for et stort antal forskellige skibstyper, der er indrettet til at transportere forskellige godstyper eller udføre andet erhverv på havet. Handelsskibe findes i alle størrelser og til alle formål. For blot at nævne nogle af de forskellige typer kan angives: bulkcarrier, køleskibe (også kaldet reefers), tankskibe, Ro-Ro skibe, containerskibe, coastere, dykkerskibe, kabelskibe, kranskibe o.s.v. o.s.v.

I nedenstående gives en kort beskrivelse af nogle af de mest almindelige skibstyper.

Dybtvandsrute

Det skal bemærkes, at de danske farvande ikke kan besejles af de største skibe, ihvertfald ikke i lastet stand, da vanddybderne ikke tillader dette. Største dybgang for skibe, der benytter den såkaldte dybtvandsrute gennem Store Bælt, rute T, er ca. 17 meter.

Tankskibe

Tankskibe findes i størrelser fra bunkerstankere på nogle få hundrede tons, der har til opgave at forsyne skibe i havn eller liggende på reden med bunkers (brændstof), til supertankere på op til ca. 350.000 tons, der transporterer råolie (crude oil) mellem oliefelter og verdens raffinaderier. Supertankere betegnes ofte med forkortelsen VLCC "Very Large Crude Carriers" eller for de største ULCC, som står for "Ultra Large Crude Carriers".

Indenfor kategorien tankskibe findes endvidere et antal specialiserede typer som kemikalietankere og produkttankere. Produkttankerne sejler med helt eller delvist raffinerede produkter mellem raffinaderier og købere.

Tankskibe fremdrives for den langt overvejende del af dieselmotorer. Der ses dog stadig ældre tankskibe med dampturbineanlæg. Udover maskinanlægget til fremdrivning er tankskibe ofte udrustet med en eller to store kedler, der leverer damp til at opvarme lasten, således at den er pumpbar. Tankskibe er også udrustet med et antal meget kraftige pumper, cargo-

pumper, som benyttes til at losse skibet hurtigt. Disse cargopumper kan være drevet af elektromotorer, dieselmotorer eller en dampturbiner. En supertanker kan losse ca. 300.000 tons olie på ca. 24 timer. En supertanker har en maskinkraft på ca. 20.000-30.000 kW, og farten er typisk 12-14 knob (20-25 km/time). Typisk dimension er længde 320 meter, bredde 55 meter og en fuldt lastet dybgang på ca. 20 meter.

Containerskibe

Containerskibe findes i mange størrelser fra de mindre såkaldte "feeder" både, der besejler mindre havne. Containere herfra "fødes" feedes til større havne som f.eks. Hamburg og Århus, hvorfra de største containerskibe sørger for transport mellem kontinenterne. Transportkapaciteten varierer fra nogle få hundrede containere på mindre feedere til 6000 styk 20 fods containere på de største containerskibe. De første i verden af disse meget store containerskibe er bygget i Danmark på Lindø værftet til rederiet A.P. Møller.

Containerskibe er udrustet med dieselmotorer til fremdrivning og hører til de hurtigste handelsskibe, der bygges. Det er derfor ombord i containerskibe, der ses de kraftigste maskinanlæg i handelsskibe.

Det installerede maskinanlæg kan for de største containerskibe eksempelvis udgøres af en 12 cylindret MAN/B&W hovedmotor af typen 12K90MC. Denne benævnelse står for en 12 cylindret krydshovedmotor med en cylinderdiameter på 90 cm, som yder 55.000 kW (små 80.000 hk). Et sådant maskinanlæg kan give de største containerskibe en maximal fart på ca. 26 knob og en servicefart på 24 knob.

Servicefart er den hastighed, som skibet normalt sejler/opererer ved. Den ekstra fart, fra servicefart til maksimalfart, giver skibet mulighed for at indhente opståede forsinkelser pga. problemer i havne, eller hvis vejret viser sig fra sin mest uvenlige side. Den ekstra fart opnås dog på bekostning af brændstofforbruget. Et skibs effektforbrug øges, groft sagt, eksponentielt med farten. Således vil den nødvendige effekt ved at øge farten fra 24 knob til 26 knob stige fra 30.000 kW til 50.000 kW.

Det vil sige, at en stigning i farten på ca. 10 % medfører en stigning i den nødvendige effekt på ikke mindre end ca. 40 %. Sagt på en anden måde vil merforbruget ved at øge farten fra 24 til 26 knob udgøre ca. 75 tons brændstof i døgnet. Ved en overfart fra Europa til USA, der gøres på ca. 7 døgn, betyder dette en merudgift til brændstof på ca. 250.000 kr !

Mange containerskibe er indsat i såkaldt liniefart, hvilket betyder, at transportbrugere præcist ved på hvilken dato og på hvilket klokkeslet, der er ankomst og afgang fra bestemte havne.

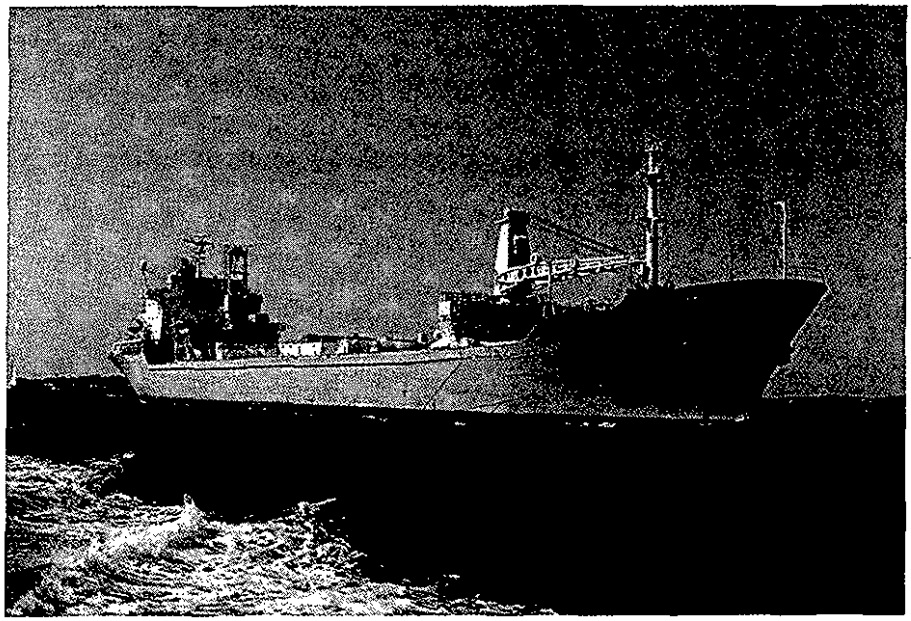
Typiske data for et stort containerskib er: Længde 295 meter (største længde, der kan passere Panama kanalen "panmax"), bredde 32, og dybgang (fuldt lastet) 13,5 meter.

Containerskibet Lars Mærsk
En af havets "hurtigløbere" der transporterer ca. 3800 containere fra Europa til USA på 7 dage. 43000 BT, længde 270 m, bredde 32 m, fart 23 kn, 35000 kW. Foto: Bent Mikkelsen.

Bulkskibe

Bulkskibe kaldes også bulkcarriers, og disse skibe er indrettet til at transportere bulklaster. Ved bulklaster forstås korn, cement, malm eller lignende. En standard "panmax" bulkcarrier har en størrelse på ca. 60-70.000 tdw, en maskinkraft på 10.000kW og en fart på 14 knob.

Typiske størrelse for en bulkcarrier er: Længde 230 meter, bredde 32 meter, og dybgang (fuldt lastet) 13 meter.



Bulcarrier Dania Portland
Bulcarrier der ejes af Ålborg Portland og sejler cement til det meste af verden. Kan transportere 24.000 tons cement 18.000 BT, længde 195 m, bredde 23 m, fart 13 kn, 8000 kW. Foto: Bent Mikkelsen.

Ro-Ro skibe

Ro-Ro skibe er betegnelsen for Roll on-Roll off skibe, d.v.s. skibe indrettet til at transportere rullende materiel, enten hele lastvognstog eller lastvogn-trailere. Ombord i Ro-Ro skibe tales om "lanemeter", hvilket er et mål for, hvor mange meter lastvognsbane, der er til rådighed. Et typisk Ro-Ro skib har omkring 2000 lanemeter, samt mulighed for at sørge for elforsyning til et antal kølebiler/containere via reeferplugs. Reeferplugs er en mulighed for at forsyne den enkelte trailer/kølecontainer med el fra skibet, således at trailerens/containerens indbyggede køleanlæg kan fortsætte med at fungere uden at være afhængig af el fra lastbilen.

Et typisk Ro-Ro skib er 160 meter langt, har ca. 4.000-8.000kW til fremdrivning, og en fart på ca 16 knob. Typisk længde er 160 meter, bredde 20 meter, og dybgang (fuldt lastet) 7 meter.

Ro-Ro skibet Seaborne Ocean
Ro-Ro skibe (Roll on-Roll off) er bygget til transport af rullende materiel, lastvogne og trailere. Foto: Bent Mikkelsen.

2.4 Fiskefartøjer

Fiskefartøjer optræder i alle danske farvande. De ses i mange størrelser fra den lille erhversfiskebåd/kutter på nogle få tons, til store udenlandske fiskefabrikstrawlere på mange tusinde tons.

Antallet af danske fiskefartøjer udgør i 1995 ca. 2400 fartøjer større end 5 tons. Ombord i disse skibe er hovedmotorer med en samlet effekt på ca. 400 MW.

Fiskeskibenes sejladsmønster er meget individuelt. De mindste kuttere fisker tæt på hjemhavnen, hvorimod de større og store kuttere godt kan tage på fiskeri langt fra de hjemlige farvande.

Danske fiskeskibe/fartøjer benytter alle marinegasolie med lavt svovlindhold, < 0,2 %, som brændstof.

Fiskefartøjer har en typisk maskinkraft på ca. 100-800 kW.

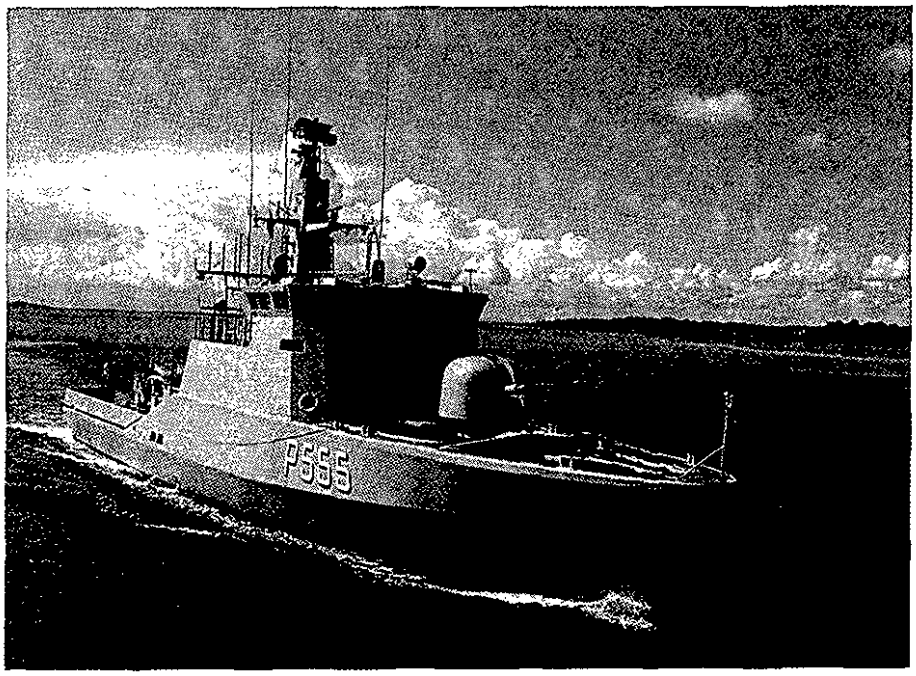
2.5 Krigskibe og statsskibe

De danske farvande besejles af danske og udenlandske krigskibe. Skibene udfører deres daglige sejlads med farvandsovervågning, øvelser og uddannelse.

Danske krigskibe har blandt andet som en af sine fredstidsopgaver at føre tilsyn med de danske farvande, hvilket i den militære jargon kaldes farvandsovervågning. Krigskibe findes i alle størrelser fra små orlogskuttere på ca. 30 tons til havets kæmper, hangarskibene, et af denne verdens mest komplekse stykker maskineri.

De største hangarskibe har et fuldt lastet deplacement på ca. 100.000 tons, en længde på ca. 330 meter og en bredde i vandlinien på ca. 40 meter. De kan medfører ca. 90 fly og har en besætning på ca. 6000 mand.

De installerede maskinerier ombord i krigskibe varierer i størrelse fra diesel motorer på nogle få hundrede kW over gasturbine anlæg på 7.000-60.000 kW, til atomreaktoranlæg på ca. 200.000 kW.



Standardflex Støren
Standardflex skibene kan på meget kort tid, ved udskiftning af containeriserede moduler, udrustes til at løse forskellige opgaver såsom patruljeskib, kampskib, minerydder, miljø og søopmåling m.m. Skibene er udrustet med meget avanceret elektronik og repræsenterer noget af toppen af dansk maritim know how. Skibene er på 300 depl tons., længde 54 m, bredde 9 m, fart 30 kn, 9000 kW. Foto: Bent Mikkelsen.

Krigskibe besidder ofte et meget kraftigt og komplekst maskinanlæg i forhold til deres størrelse. En dansk enhed af Flyvefisken klassen (standardflex 300) har således en gasturbine til sejlads ved høj fart, 2 dieselmotorer til sejlads ved moderate farter, og en lille dieselmotor til langsom og lydløs sejlads. Standardflex har en maksimal maskinkraft på ca. 9.000 kW ved et deplacement på ca. 300 tons.

Ombord i danske krigskibe er installeret maskinanlæg med en total effekt på ca. 365 MW.

Staten ejer udover krigskibene også et antal andre skibe, såsom redningsskibe, skoleskibe, miljøskibe, kabelskibe og isbrydere.

Der er ikke i denne rapport medtaget emissioner fra krigs- og statsskibe.

2.6 Fritidsfartøjer

I Danmark findes et meget stort antal lystbåde eller fritidsfartøjer. Fritidsfartøjer er en betegnelse, der dækker store og små sejlbåde, motorbåde og fiskejoller.

Den overvejende del af disse fritidsfartøjer er sejlbåde med små motorer (5- 30 kW). Motorbåde og fiskejoller findes i mange størrelser, hvilket også afspejler sig i det installerede maskineri. Motorene i fritidsfartøjer udgøres af benzin og dieselmotorer, af hvilket de sidst er mest udbredt.

Der findes ca. 45.000 fritidsfartøjer med en længde større end 6 meter.

3 Emissioner fra skibe

3.1 Generelle forhold

Fra skibe emitteres forskellige forureninger via udstødsgassen til atmosfæren. Disse dannes ved forbrænding af olie i skibenes fremdrivnings- og hjælpemotorer. Fremdrivningsmaskineriet ombord i dagens skibe består i den alt overvejende grad af dieselmotorer.

Fra skibets maskineri emitters hovedsageligt følgende komponenter: Faststof (støvpartikler), kvælstofilter (NO_x), kuldioxid (CO_2), kulmonoxid (CO), SO_2 (svovldioxid), en række af uforbrændte kulstofforbindelser benævnt TOC (Total Organic Carbon) og PAH (Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner). Disse komponenter fremkommer ved forbrænding af fossile brændsler i skibenes hoved- og hjælpemaskineri.

3.2 Miljøparametre

3.2.1 Faststof

Faststof emitteret fra en motor består hovedsageligt af uforbrændte kulstofforbindelser og aske. Kulstofforbindelserne dannes ved ufuldstændig forbrænding af brændstoffet.

Der er mulighed for, at der findes Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner (PAH) bundet til de faste partikler. PAH kan have en cancerogen effekt. Der optræder også en række tungmetaller stammende fra brændstoffet.

3.2.2 Kvælstofforbindelser (NO_x)

Ved de fleste forbrændingsprocessor dannes forskellige kvælstofoxider, hovedsageligt NO og NO_2. Disse to komponenter betegnes under et som NO_x. Andelen af NO_2 i NO_x udgør ca. 5 %. Over 90% af de kvælstofilter, der dannes, optræder som NO og er som sådan harmløse. Ved oxidation i atmosfæren omdannes NO til NO_2, der er giftigt og bl.a. medvirker til dannelsen af fotokemisk "smog". I dieselmotorer dannes NO_x hovedsageligt udfra det kvælstof og ilt, der er tilstede i forbrændingsluften (termisk NO_x) og i mindre grad fra de kvælstofforbindelser, der findes i brændstoffet.

Dannelsen af NO i motoren påvirkes af mange faktorer. Temperatur og trykforhold i forbrændingsrummet er nogle af de faktorer, der har indflydelse på dannelsen af NO. Generelt kan siges, at højere temperaturer giver højere koncentrationer af NO, men opholdstid, lokale tryk/temperatur forhold og opblandingen af olie-luft har også indflydelse på dannelsen.

Koncentrationer af NO_x regnes normalt som større fra langsomtgående motorer, idet gasserne i disse motorer udsættes for høje temperaturer i et længere tidsinterval end gasser i medium og high speed motorer.

3.2.3 Kuldioxid (CO_2)

Kuldioxid (CO_2) dannes i forholdsvis store mængder ved alle former for forbrændingsproccesser. CO_2 er ikke i sig selv skadeligt, men indgår i rækken af de såkaldte drivhusgasser, der mistænkes for at bidrage til opvarmning af planeten, idet en øget koncentration af CO_2 i atmosfæren begrænser den termiske udstråling til rummet.

3.2.4 Kulmonoxid (CO)

Kulmonoxid (CO) dannes ligeledes ved forbrændingsprocesser, CO er en giftig gas, der selv i små koncentrationer påvirker centralnerve-systemet og kan medføre forgiftninger. Ved større koncentrationer, f.eks. i lukkede rum, er kulmonoxid dødelig. Mængden af CO er en god indikator for forbrænd-ingseffektiviteten.

3.2.5 Svovlforbindelser (SO_2-SO_3)

De svovlforbindelser, der kommer fra skibes motorer, stammer alene fra svovlindholdet i brændstoffet. Den altovervejende del udgøres af svovldioxid (SO_2) og en mindre mængde af svovltrioxid (SO_3).

SO_2 er en væsentlig årsag til forsuring af søer, vandløb og jord. SO_2 er sundhedsskadeligt, specielt kan astmapatienter og mennesker med vejrtrækningsproblemer blive generet. Emission af SO_2 kan også medføre korrosion på maskiner og bygninger.

3.2.6 Polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH)

PAH omfatter et meget stort antal umættede ringforbindelser af kulstof og brint fra 3 til 7 ringe. Et særligt derivat af PAH er nitrogenholdige PAH-forbindelser (N-PAH).

PAH-gruppen inklusiv N-PAH omfattes med stor interesse, fordi undersøgelser har vist, at nogle er carcinogene (potentielt kræft-fremkaldende) og andre i følge Ames test er mutagene og dermed muligvis cancerogene (kræftfremkaldende). De tunge PAH'er er de mest carcinogene, endvidere er N-PAH særdeles mutagene.

PAH og N-PAH kan afhængig af temperaturen eksistere på såvel partikelbunden form som på gasfase. Hovedparten af de carcinogene PAH'er er knyttet til partikler (sod).

Gruppen af PAH indeholder et meget stort antal forbindelser. Ved analyser af PAH-indholdet i prøver vælger man derfor ofte nogle elementer, der med stor nøjagtighed kan bestemmes kvantitativt og kvalitativt. Man bør være varsom med at sammenligne

koncentrationer fra f. eks. litteraturen, da det ikke nødvendigvis er de samme stoffer, der er bestemt.

90 % af al PAH i atmosfæren er dannet ved menneskeskabt aktivitet, hovedsagelig fra forbrændingsprocesser. Indholdet af PAH i røggasser fra motorer, herunder dieselmotorer, kan stamme fra:

det naturlige indhold af PAH i brændslet samt PAH i smøreolier

dannes ved forbrændingsprocessen som et resultat af ufuldstændig forbrænding

Ved forbrænding generelt stiger indholdet af PAH uden for flammezonen, det laveste indhold af PAH findes i flammen. N-PAH dannes sandsynligvis i efterforbrændingszonen ved reaktion mellem PAH og NO_x under tilstedeværelse af katalyserende stoffer.

Reduktion af PAH

Oxidationskatalysatorer til dieselmotorer er fundet i Miljøprojekt nr. 285 at have en reducerende effekt på indholdet af PAH i røggassen. Dette gælder især de tungere PAH'er, effekten afhænger tillige af belastningen, der opnås optimal effekt ved fuld last. Samme reference angiver endvidere, at indholdet af N-PAH øges med op til 200 % sammenlignet med niveauerne uden brug af oxidationskatalysator.

Westerholm (bilag 11a) finder en klar sammenhæng mellem diesel-brændstoffets PAH-indhold og emission af PAH. Faktorer som driftsmåde og -mønster, samt motorens tilstand vises også at have indflydelse PAH-emissionen.

Installation af røggasrecirkulation eller vandindsprøjtning til nedbringelse af NO_x-emissionen er også fundet at påvirke PAH-indholdet i røggassen.

Reduktion af partikelemissionen vil medføre reduktion af PAH-emissionen.

Der findes kun få undersøgelser af PAH og N-PAH emissionen fra marin diesel motorer. Lloyds angiver dog, at de niveauer sandsynligvis er en faktor 2 højere, end dem man kender fra almindelige dieselmotorer.

Svenske målinger på busser har vist et PAH-emissionsniveau på 35 - 430 µg/km, med en middelværdi på 170 (+/- 100). Ved undersøgelsen indgik 8 forskellige typer diselbrændstoffer.

3.2.7 Målinger af PAH

Der blev under dette projekt gennemført målinger af PAH-komponenter i udstødsgassen fra en skibsmotor. Målingerne skulle komplettere de målinger, som er gennemført under det tidligere nævnte projekt udført af Lloyds Register "Exhaust Emission Research Programme". Der blev foretaget målinger af de samme komponenter som foretaget af Lloyds.

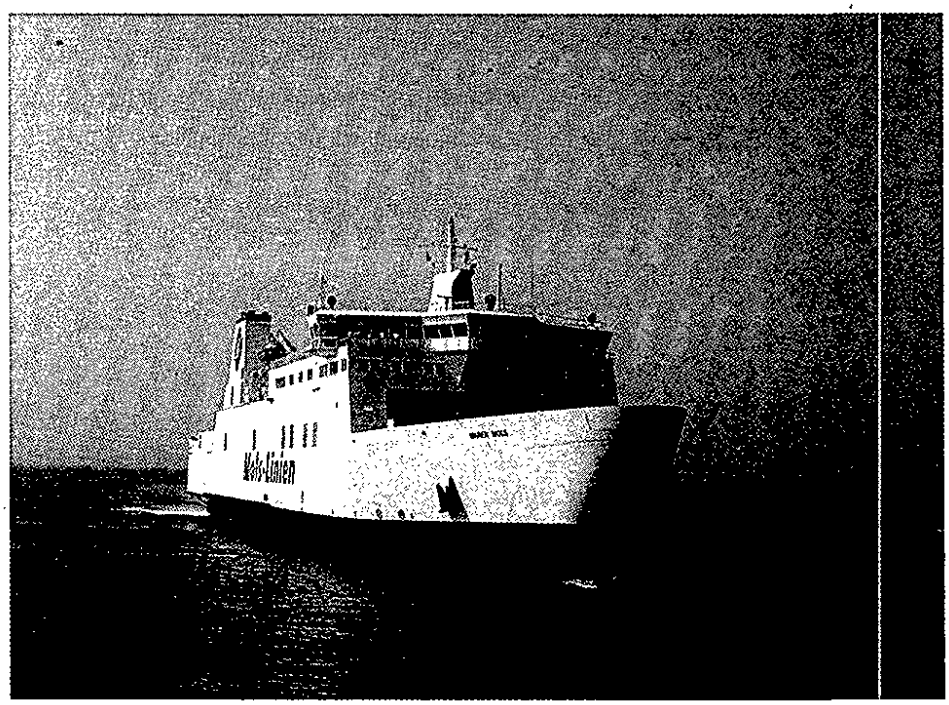
Målingerne blev udført med det på bilag 16 viste udstyr.

Der blev i alt gennemført 4 målinger, opdelt på 2 serier af 2 målinger.

Serie 1 foretoges under jævn belastning ved, at målingen startedes, når færgen passerede havnes målehoveder for udgående og sluttedes, når molehovederne passeredes for indgående.

Serie 2 blev foretaget ved, at målingerne påbegyndtes samtidigt med, at skibets hovedmotor blev startet, og målingen sluttedes samtidigt med, at hovedmotoren stoppedes efter anløb af havn. Herved blev der også målt under manøvre med motoren under havnemanøvre.

Skibets hovedmotor var af fabrikat MAK Type 12M453AK. Motoren yder maksimalt 3700 kW, og motorens middelbelastning var under overfarterne ca. 85 % af maksimal effekt. Motoren benytter miljødiesel med et svovlindhold på< 0,1 % svovl som brændstof.



Kombifærgen "Maren Mols"

Færgen er indsat på ruten mellem Odden og Ebeltoft i sommeren 1996. Færgen opererer sammen med Mols-liniens 2 hurtigfærger indsat på samme rute. Maren kan medføre 68 lastvognstog eller 344 personbiler. Maksimal effekt 11.700 kW, fart 19,2 knob. Foto: Bent Mikkelsen.

I omstående angives middeltallene for de to serier af prøver samt resultater af målinger foretaget under Lloyds "Exhaust Emissions Research Programme". For Lloyds tal er gældende, at resultaterne for PAH er middeltal fra skibene S3 og E4. Disse motorer benyttede gasolie som brændstof og var under målingerne belastet henholdsvis 96% og 80 %. For Lloyds tal relateret til Nitro PAH benyttes resultater fra skib S3.

Der er benyttet de engelske stavemåder for de forskellige typer af PAH.

Resultater for måling af PAH komponenter

	Lloyds	dk-TEKNIK	dk-TEKNIK
		Serie 1	Serie 2
	my. gr/m^3	my. gr/m^3	my. gr/m^3
Anthracene	0,36	4,1	5,2
Fluoranthene	4,8	4,2	6,9
Pyrene	4,8	10,0	15,1
Benso(b)fluorene	4,4	0,9	1,4
Chrysene	1,9	4,1	5,7
Benso(e)pyrene	2,1	0,4	1,0
Perylene	< 0,08	< 0,06	< 0,1
Benso(a)pyrene	0,02	< 0,08	< 0,7
Dibenso(a,j)antracene	<0,2	< 0,04	< 0,7
Dibenso(a,l)pyrene	< 0,1	< 0,09	< 0,3
Benso(g,h,i)perylene	< 0,06	< 0,2	0,9
Dibenso(a,h)anthracene	< 0,2	< 0,05	< 0,2
Ideno(1,2,3-c,d)pyrene	< 0,03	< 0,1	< 0,6
3-methylcholanthrene	< 0,03	< 0,07	< 0,4
Anthanthrene	< 0,03	< 0,04	< 0,3
	< 19,1	< 24,4	< 39,5

Resultater fra måling af Nitro PAH komponenter.

	Lloyds my. gr/m^3	dk-TEKNIK Serie 1 my. gr/m^3	dk-TEKNIK Serie 2 my. gr/m^3
1,6/1,8-dinitropyrene	0,12	< 3	< 2
2-nitrofluorne	< 0,5	< 0,01	< 0,01
9-nitroanthracene	< 0,01	< 0,02	< 0,01
3-nitrofluoranthene	< 0,01	< 0,02	< 0,01
1-nitropyrene	0,15	< 0,02	< 0,03
6-nitrochrysene	< 0,06	< 0,02	< 0,03
7-nitrobenzo(a)anthracene	< 0,01	< 0,02	< 0,02
6-nitrobenzo(a)pyrene	< 0,01	< 1	< 1

Af ovenstående ses, at der med de normale usikkerheder for denne type målinger ikke er nogen eksakt forskel, undtagen m.h.t. værdierne

for Anthracene af resultater mellem de af Lloyds og dk-TEKNIK udførte målinger. Da der er tale om et begrænset antal resultater, er datagrundlaget for begrænset til at vurdere mulige årsager til afvigelserne. Det ses, at værdierne for de almindelige PAH-forbindelser er tydeligt højere under måleserie 2, der er udført under varierende belastning, hvilket også er forventeligt.

3.2.8 Tungmetaller

Tungmetaller, der emitteres med udstødsgassen fra en motor, stammer fra tungmetaller indeholdt i brændselsolien. Lloyds antager i deres rapport "Marine Exhaust Emissions", at de afgivne tungmetaller er lig de med brændselsolien tilførte tungmetaller.

Af emitterede tungmetaller kan nævnes arsen, cadmium, chrom, kobber, bly, kviksølv, nikkel, vanadium og zink.

Der kan dog være et tillæg, idet tungmetaller hidrørende fra lejer og andre komponenter i motoren kan ophobes i smøreolien og herfra emitteres til atmosfæren, når dele af smøreolien ved drift forbrændes.

4 Maskinanlæg

Et skib er en helt selvhjulpen enhed, udrustet med et stort antal maskiner, aggregater og apparater til at fremdrive skibet, håndtere lasten og gøre, at livet ombord kan foregå under gode og rimelige forhold.

I nedenstående gennemgås kort nogle typiske maskinerier ombord i skibe. Fælles for de nedenfor beskrevne maskinerier, undtaget atomreaktoranlæg, er, at de alle kræver brug af olie som brændstof.

4.1 Hovedmaskineri

Ved et skibs hovedmaskineri forstås maskineriet til fremdrivning af skibet. Hovedmaskineriet består af en eller flere hovedmotorer eller hovedturbiner.

4.1.1 Dieselmotorer

Dieselmotorer benyttes i udstrakt grad ombord i store og små skibe. Dieselmotorer udgør den altovervejende del af hovedmaskineriet ombord i dagens skibe. Der skelnes mellem 2 hovedtyper af dieselmotorer, 2 og 4 takstmotorer. Totakts motorerne betegnes også som langsomtgående motorer, og firtakts motorerne findes som medium og high speed motorer.

Langtsomgående motorer

Langsomtgående motorer benyttes hovedsageligt ombord i store skibe og leveres i størrelser fra ca. 1.500 kW op til ca. 70.000 kW (B&W 12L98). Langsomtgående motorer er meget driftsøkonomiske og arbejder ved lave omdrejninger. Det er en stor fordel, at motorerne arbejder ved lave omdrejninger, idet det er muligt at opnå den største virkningsgrad på skibsskruen, propelleren, ved lave omdrejninger. De lave omdrejninger betyder endvidere, at det ikke er nødvendigt at indkoble et gear mellem motor og propeller for at øge propelvirkningsgraden, hvilket sparer et dyrt og forholdsvis kompliceret maskinkomponent. Langsomtgående motorer har typisk en omdrejningshastighed på ca. 65-150 omdr./min. Som brændstof benyttes fuelolie, og det typiske brændstofforbrug er på 150-190 gram/kWh.

Medium/high speed motorer

Medium og high speed motorer benyttes hovedsageligt i færger, mindre handelsskibe, krigskibe og leveres i størrelser fra ca. 500 kW op til ca. 20.000 kW. Disse motorer har et bedre effekt/vægtforhold (flere kW pr. kg motor) end de langsomtgående motorer. Til gengæld er brændstoføkonomien knap så god. Omdrejningerne for medium og high speed ligger i området 100-500 rpm. Som brændstof benyttes fuelolie eller gasolie, og det typiske brændstofforbrug ligger på 190-210 gram/kWh.

4.1.2 Dampturbiner

Dampturbineanlæg ombord i skibe er ved at være en saga blot. De findes stadig, om end i et begrænset antal, ombord i handels- og krigskibe. Dampturbineanlæg er i hovedbestanddelene identiske med kraftværksanlæg dog med den forskel, at turbinen ikke trækker en generator, men skibets propeller. Turbineanlægget består af en eller flere kedler, der producerer damp. Dampen ledes til en turbine, der gennem et reduktionsgear driver skibets propeller. Kedlen fyres typisk med svær fuelolie.

4.1.3 Gasturbiner

Gasturbiner har siden midten af tresserne været brugt ombord i skibe. Den altovervejende del af de installerede gasturbiner har været installeret ombord i krigsskibe. Gasturbiner til fremdrivning er også set anvendt ombord i handelsskibe, og det ser i dag ud til at brugen af gasturbiner ombord i civile skibe vil øges i de kommende år. Specielt indenfor skibstypen hurtige færger er gasturbiner ved at vinde indpas.

Fordele ved gasturbiner

Fordelen ved at benytte gasturbiner er, at der opnås en meget høj kW effekt pr. kg installeret maskineri. Dette forhold er en væsentlig faktor ombord i krigsskibe og hurtige færger, hvor en høj effekt/kg er af stor betydning, for at kunne opnå høje farter. Gasturbinen optager endvidere forholdsvis begrænset plads, hvilket er af stor betydning i hurtige færger og krigskibe. Gasturbiners emission (pr. kWh) af NO_x er væsentlig lavere end en dieselmotors, hvilket hidrører fra ugunstige forhold med hensyn til NO_xdannelse, temperatur- og trykforhold i dieselmotorens forbrændingsrum. Da en gasturbine generelt har den højeste virkningsgrad ved høj last, ses gasturbineanlæg udført i et stort antal konfigurationer. Der kan være tale om en eller flere gasturbiner eller som en kombination af store og små turbiner eventuelt i forbindelse med dieselmotorer. Disse maskinkonfigurationer er opbygget således, at små gasturbiner eller dieselmotorer driver skibet ved lav fart og en kombination af gasturbiner og/eller dieselmotorer ved høj fart afhængig af skibets gearkonfiguration. Disse installationer høres ofte omtalt som CODOG (COmbined Diesel Or Gas) eller CODAG (COmbined Diesel And Gas) anlæg. Der findes andre kombinationer end de nævnte CODOG og CODAG.

Sammenfattende giver gasturbiner en høj effekt per kg turbine, og moderne gasturbiner har et forholdsvis lavt specifikt brændstofforbrug, specielt ved høj belastning. Det specifikke brændstofforbrug for en turbine, der yder 19.000 kW, er ca. 180 gram/kWh. Det specifikke brændstofforbrug er dog i de fleste tilfælde højere end for dieselmotorer.

4.1.4 Atomreaktoranlæg

Reaktoranlæg benyttes udelukkende ombord i krigskibe og enkelte russiske isbrydere. Der er bygget 3 handelsskibe på forsøgsbasis for at afprøve tekniske og operative koncepter af USA, Tyskland og Japan. Ingen af disse tre skibe er i drift i dag.

Reaktoranlæg er i princippet, og meget kort fortalt, et dampturbine-anlæg, hvor dampen produceres af en reaktor og ikke som ellers af en kedel. Fordelene ved reaktoranlæg er, at der i praksis næsten er ubegrænset energi til rådighed. F.eks. yder fremdrivningsanlægget ombord i de amerikanske hangarskibe af Nimitz klassen 196.000 kW, og skibene kan sejle i ca. 13 år eller ca. 700.000-900.000 sømil svarende til ca. 40 gange jorden rundt, mellem hver fornyelse af reaktorkernen. Der findes på verdensplan atomreaktoranlæg installeret i 18 store overflade krigsskibe.

Reaktoranlæg i ubåde

Der, hvor reaktoranlæggene imidlertid benyttes mest, er ombord i ubåde (ca. 295 på verdensplan), idet et reaktoranlæg ikke er afhængig af atmosfærens ilt til forbrænding, da energien til dampfremstilling fremkommer ved atomspaltning. Som tidligere nævnt er fordelen, at der i praksis er ubegrænset energi til rådighed, samt mulighed for drift uden brug af atmosfærisk luft. De negative sider er, at disse anlæg er utroligt kostbare både i anskaffelse og drift.
Sikkerhedsforanstaltningerne er ekstreme, og der er stort behov for højtuddannede specialister til at betjene disse anlæg. Endvidere er hele problematikken omkring bortskaffelse af brugte reaktorer og brugt reaktorbrændsel ikke løst på en tilfredsstillende måde. Reaktoranlæg kunne ellers udfra visse anskuelsesvinkler synes attraktive, idet de ikke medvirker til direkte forurening af atmosfæren, da de ikke benytter fossilt brændsel som brændstof.

Reaktoranlæg synes ikke i den umiddelbare fremtid at ville vinde indpas i civile skibe, da anskaffelses- og driftsomkostninger ikke synes rentable udfra rent økonomiske betragtninger.

4.2 Hjælpemaskineri

Et skibs hjælpemaskineri består af et stort antal maskiner og aggregater.

Ombord produceres elektrisk energi til eget brug, ved at en diesel-motor, dampturbine eller gasturbine driver en generator. Der er normalt installeret 2-4 anlæg til fremstilling af el. El kan også frembringes ved en akselgenerator, der trækkes af hovedmaskineriet, når dette er i drift.

Udover hjælpemotorerne kan skibet være udrustet med hjælpekedler til opvarmning af aptering og eventuel olielast. Hjælpekedlen kan også levere damp til eventuelle turbinedrevne cargopumper, der benyttes ombord i tankskibe til at pumpe last, olie, m.m. om og fra borde.

Udover at omfatte aggregater til produktion af el omfatter hjælpemaskineriet et stort antal pumper, kompressorer, køleanlæg, air conditionering, ventilation m.m.

4.2.1 Hjælpemaskineriets brændstofforbrug

Hjælpemaskineriet har i dagens skibe i mange tilfælde en effekt som et lille kraftværk i land. Skibene er som nævnt udrustet med et betydeligt antal hjælpeagregater, der alle bruger el, fra radar og navigationssystemer til køleanlæg og eventuelle reefer containere, kølerum, pumper m.m.

Hjælpemaskineriets størrelse er i nogen grad afhængig af skibets størrelse, men skibstypen har også stor betydning. Køleskibe, containerskibe med mange kølecontainere, tankskibe med mange eldrevne losse/lastepumper, færger og cruise skibe med store air conditioneringsanlæg og et kolosalt stort antal lysarmaturer, kan nævnes som typiske skibe med stort elforbrug.

For at få en fornemmelse af elforbruget ombord i nogle forskellige skibstyper er i følgende tabel opstillet typiske effekter på installeret hjælpemaskineri, årligt olieforbrug m.m.:

Hjælpemotorer

Type	Effekt kW	MWh/år	Olieforbrug FO, t/år	Olieforbrug DO, t/år
Stort containerskib, 4000 TEU	8000	6500	1600	10
Lille containerskib, 1300 TEU	3800	6000	1600	10
Bulkcarrier 70.000 tdw	1800	3100	500	300
Supertanker 300.000 tdw	2400	5900	1400	60
Mellem tanker 50.000 tdw	2100	3300	900	100

Af tabellen ses den installerede effekt ombord i forskellige skibstyper. Totaleffekten kan være summen af en kombination af konventionnelle generatoranlæg, akselgenerator og turbogenerator anlæg. FO betyder fuelolie og DO diesel/gasolie.

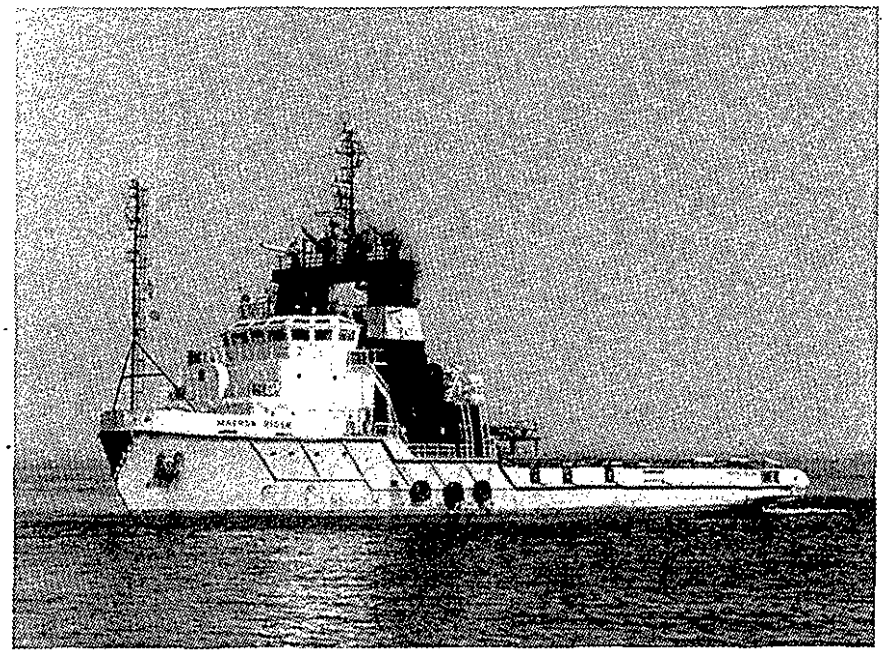
Udfra angivelserne i tabellen ovenfor fås følgende middelværdi for brændstofforbrug ved produktion af el ombord i de nævnte skibstyper:

0,26 kg/kWh

Samtidigt kan timeforbruget af el findes, hvis det forudsættes, at et typisk handelsskib er i drift i 360 om året, 24 timer i døgnet.

Type		Elforbrug kW/h
Stort containerskib,	4000 TEU	750 *
Lille containerskib,	1300 TEU	450
Bulkcarrier,	70.000 tdw	350
Supertanker,	300.000 tdw	650
Mellem tanker,	50.000 tdw	350

- *Det viste elforbrug er her ikke helt repræsentativt, da denne valgte skibsklasse er udrustet med en stor akselgenerator, der sørger for produktion af en stor del af den nødvendige el, når hovedmotoren er i drift.*



Supplybåd Maersk Rider
Supplybåde benyttes som "Maids of all work" på olie og borefelter overalt i verden. Supplybåde er udrustet med meget kraftigt maskinerier på optil 11.000 kW for forholdsvis små skibe på 4.000 BT og med en længde på 80 meter.De er endvidere bestykket med kraftige pumper og eventuelt udstyr til brændbekæmpelse. Der er tale om ganske kompliserede skibe.

5 Oliekvaliteter

5.1 Oliekvaliteter generelt

Når der i denne rapport omtales oliekvaliteter, er det underforstået, hvis intet andet bemærkes, at der er tale om olie, der benyttes i skibets hoved- eller hjælpemotorer. Denne olie benævnes også brændselsolie.

Der er mange forskellige parametre, der bestemmer oliens kvalitet. Af disse kan nævnes:

Densitet

Farve

Viscositet

Uklarheds- og flydepunkt

Flammepunkt

Antændelsespunkt

Selvantændelspunkt

Destilationskendingstal

Brændværdi

Svovl- og vanadiumindhold

Vand og askeindhold

Cetantal

Forskellig kvalitet

Der er rig mulighed for at få forskellige oliekvaliteter, da alle de ovennævnte parametre kan variere indenfor en bestilt handelskvalitet (specifikation). Endvidere har den benyttede råolie indflydelse på handelskvaliteten, ligesom raffinaderiets formåen omkring det at få en større andel af lette produkter, f.eks. benzin, ud af råolien. Det er ikke nogen ukendt sag indenfor skibsfarts-erhvervet mener, at man sagtens kan få en olie af faktisk bedre kvalitet ved bunkring i lande, hvor det teknologiske stade er lavere end i Vesteuropa, USA, Japan mf. Lidt ældre raffinaderier har ikke samme mulighed for at få så stor en andel af lette fraktioner ud af olien ved raffinering, som topmoderne rafinaderier.

Specifikationer

Det er vanskeligt altid at få den samme kvalitet, selv om der fra gang til gang bestilles efter samme specifikation f.eks. APH 45. Specifikationen er at forstå således, at de opstillede værdier er de

minimumskrav, olien skal opfylde. Da de af køber opstillede krav ofte er "laveste fællesnævner" på grund af økonomiske hensyn, fås betydelige variationer i den leverede bunkers til skibene. Ombord er dette hverdagen, og mange maskinchefer ser med "spænding" på hvilken specifik kvalitet, der bliver pumpet i skibets tanke.

Ovenstående forstærkes af , at det leverede bunkers ofte består af et mix af mange oliekvaliteter. Blandingen opfylder herefter de specifikationer, der bestilles efter, men det hænder, at blandingens stabilitet i nogle tilfælde lader noget tilbage at ønske. Dette kan give driftsproblemer ombord, og i værste tilfælde kan det blive nødvendigt at debunkre.

Bortskaffelse af tunge fraktioner

Det er imidlertid også et faktum, at de tungere oliefraktioner, der bliver tilbage fra raffineringsprocessen, når de lettere fraktioner der benyttes ved produktion af gasolie, petroleum, benzin er skilt fra, kan benyttes, eventuelt efter blanding, ombord i skibes hovedmotorer. Specielt har store langsomtgående motorer mulighed for forbrænding af lavkvalitets olier.

5.2 Fuelolie

Fuelolie er en generel benævnelse for en lang række brændstof-kvaliteter. Der er tale om tungere olier, d.v.s. olier med et høj eller højere viskociteter. Disse brændstoffer har sædvanligvis et forholdsvis stort indhold af svovl (typisk 2-3 %).

5.3 Gasolie

Gasolie er en generel kvalitetsbetegnelse for de lettere brændselsolier. Der kan indenfor denne gruppe, i lighed med hvad der ses for fuel-olierne, være store kvalitetsforskelle.

Det er indenfor gasolierne, at der findes de bedste oliekvaliteter. Gasolierne har typisk et lavt eller meget lavt svovlindhold. Miljødiesel har således et svovlindhold på 0.05 % svovl.

5.4 Oliekvaliteter/skibstyper

Der ses i praksis en vis sammenhæng mellem benyttede oliekvaliteter og forskellige skibstyper.

Brændselsolier

Handelsskibe, der sejler mellem verdensdele og på lange strækninger, benytter som regel fuelolier af billig/lav kvalitet og med forholdsvis stort indhold af svovl. Det samme gør sig gældende for færger på længere/lange ruter.

De bedre og lettere oliekvaliteter benyttes i danske farvande af bl.a. Scandlines, der som standard i alle færger benytter en god gasolie/miljo-diesel med et svovlindhold på mindre end 0,1 %.

De nye hurtigfærgeruter benytter også brændselsolier af høj kvalitet, idet de højtydende maskinerier, dieselmotorer og gasturbiner kræver dette. Dette er også gældende for krigskibe.

Hovedparten af coastere i dansk indenrigsfart benytter også gasolie, dog typisk med et svovlindhold på ca. 0,2 %.

Hjælpemotorer kan benytte enten fuel eller gasolie som brændstof. Det normale er, at skibe, der benytter gasolie til hovedmotoren, også benytter gasolie til hjælpemotoren. Skibe, der benytter fuelolie til hovedmotoren, kan ses at benytte enten gasolie eller fuelolie til hjælpemotorerne.

5.5 Indkøb af bunkers

Baggrunden for at benytte brændselsolier af ringe eller ringere kvalitet er først og fremmest et spørgsmål om økonomi. Prisen på bunkers er en af de tungtvejende parametre, når der er tale om rederiernes konkurrenceevne.

Stor forskel på kvalitet

Der er/kan være forskel på de kvaliteter, der kan leveres forskellige steder i verden. Handelskvaliteten er bl.a. afhængig af den kvalitet råolie (crudeoil), der findes på stedet, eller den kvalitet der er leveret til raffinaderiet. Bunker indkøbes normalt efter visse standardspecifikationer, hvor den leverede bunkers skal være bedre eller i det mindste opfylde de specifikationer, der er opstillet i standarden.

For at illustrere forskellen på forskellige oliekvaliteter, der indhandles forskellige steder i verden, opstilles nedenstående skema. Opmærksomheden skal også henledes på, at en stor del af de skibe, der besejler dansk farvand, eller er i transit gennem danske farvande, kan have bunkret olie et vilkårligt sted i verden.

Forskelle i bunkerskvaliteter, specifikation APH 45:

By	ρ, 50°C kg/m^3	Visc. CST	S %	V mg/kg	H_2O %	MJ/kg
Marseilles	989	354	2,81	89	0,1	40,3
Panama	986	373	2,27	243	0,5	40,3
Florida	984	372	2,57	299	0,3	40,3
New York *	987	304	2,41	84	0,1	40,4
New York *	983	326	2,48	318	0,2	40,4
Rotterdam	992	337	2,19	248	0,6	40,2
Rotterdam	990	357	2,78	366	0,4	40,1
Rotterdam	988	388	3,90	56	0,2	39,9
Santos	979	352	0,68	25	0,1	41,1
Singapore	989	326	3,65	55	0,1	40,0

Spec.	ρ, 50°C kg/m^3	Visc. CST	S %	V mg/kg	H_2O %	MJ/kg
APH45	991	500	5,0	600	0,5	---

Som det ses af omstående, kan der være ganske betydelige forskelle i leveret bunkers, selv indenfor leverancer der alle ligger indenfor standarden APH45.

Forskellen i bunkerskvalitet kan have indflydelse på motordriften, ligesom den benyttede smøreoliekvalitet bør afpasses efter benyttet bunkers. Det optimale ville være, hvis smøreolien kunne afpasses til den enkelte brændselsolie, men dette er selvfølgelig ikke muligt i praksis. Ved optimering af smøreolien forstås en smøreolie, hvis egenskaber i form af additiver er tilpasset den aktuelle brændselsolie.

5.6 Priser

Priser på bunkers kan ligesom kvaliteten variere efter bunkershavn og den øjeblikkelige situation på verdensmarkedet.

By	Ca. pris/ton, US $
Rotterdam	90
Algeciras	100
Singapore	100
NewYork	100
Andre destinationer	105-110

Af tabellen fremgår typiske fuelolieprisers, efterår 1995

Til sammenligning med ovenstående kan nævnes, at gasolie med lavt svovlindhold på < 0,1 % indkøbt i Danmark vil koste i området 175-190 US $/ton.

6 Internationale konventioner

Skibsfarten er for en meget stor del international. Skibe der besejler dansk farvand sejler under alverdens flag. Da Danmark ikke har nogen jurisdiktion udenfor dansk suverænitets område (se afsnit 7), er det bydende nødvendigt, at aftaler omkring begrænsninger i emissioner fra skibe finder sted i internationalt regi.

Standardisering

Alt standardiseringsarbejde, også arbejde omkring ens retningslinier for emissioner, er noget af det vanskeligste, der findes. Hvert land og hvert rederi har deres egen helt rigtige måde at gøre tingene på. Når så samtidigt et meget stort antal lande skal være enige, er det tit "laveste fællesnævner", der bliver gældende. Dette kan i nuet synes frustrerende, men internationale aftaler skal jo starte på et eller andet niveau. Det kan nævnes, at omkring 150 nationer deltager i arbejdet i IMO omkring fremtidige internationale regler for emissioner fra skibe. Det er meningen, at reglerne i første omgang skal gælde nye motorer, da det ikke har været muligt at opnå enighed om regler for eksisterende motorer. Ingen af disse regler er på nuværende tidspunkt trådt i kraft (december 1996).

6.1 MARPOL/IMO

MARPOL- konventionen (International convention for the prevention of pollution from ships) er ratificeret af ca. 95 lande, er udarbejdet af IMO (International Maritime Organisation), som er en organisation under FN, indeholder regler til begrænsning af forurening fra de kilder, som hidtil har udgjort den største registrerede forureningsrisiko for skibe. De lande, der har ratificeret konventionen, forpligter sig til at følge de i konventionen vedtagne forhold.

Til konventionen er i dag knyttet 5 annexer vedrørende følgende områder:

I Olie

II Kemikalier i bulk

III Farligt gods i emballeret form

IV Spildevand

V Affald

Siden 1991 har der i IMO været arbejdet med luftforurening fra skibe. Dette arbejde skal indgå i et nyt annex, som forventes at kunne vedtages i 1997-98 med senere ikrafttrædelses dato.

Ifølge det nye annex skal følgende parametre reguleres:

Haloner, CFC og andre ozonødelæggende stoffer, NO_x, SO_2, og VOC (volatile organic compounds), skibenes affaldsforbrændingsanlæg samt den benyttede oliekvalitet.

Indtil det nye annex i MARPOL vedtages er der således ingen internationale konventioner, der omhandler luftforurening fra skibe.

7 Dansk farvand

7.1 Hvad er dansk farvand

I forbindelse med problematikken omkring emissioner fra skibe er der nogle forhold, som bør vurderes nøje af eksperter i stats og folkeret. I nedenstående nævnes nogle af de forhold, som gælder ved skibes passage af dansk farvand. Det skal samtidigt gøres klart, at der er tale om komplicerede forhold, der kan føre til internationale forviklinger, hvis de fastsatte "spilleregler" ikke nøje overholdes.

Skibes ret til passsage og ophold i dansk søterritorium er blandt andet beskrevet i FN's havretskonvention, hvori det blandt andet hedder:

Uskadelig passage

Skibe fra alle stater har ret til uskadelig passage gennem Dansk søterritorium.

Kyststaten (Danmark) kan i overensstemmelse med bestemmelserne i konventionen og andre folkeretslige regler udstede love og forskrifter vedrørende uskadelig passage gennem søterritoriet under hensyntagen til en lang række forhold blandt andet:

Bevarelse af kyststatens miljø og forebyggelse, begrænsning og kontrol med forurening.

Dansk suverænitets område

Dansk suverænitetsområde omfatter udover det danske landområde også luftrummet over og havet omkring Danmark ud til 3 sømil (ca. 5,5 km) afstand fra land. Det overvejes, at udvide dansk suverænitetsområde ud til 12 sømil i lighed med, hvad Sverige og Tyskland har gjorde i 1995.

Havet omkring Danmark opdeles i et såkaldt indre og ydre territorialfarvand.

Indre territorial farvand

Det indre territorialfarvand udgøres af bugter og lignende. Man kan f.eks. forestille sig, at der trækkes en linie fra Stevns til østsiden af Amager. Vest for denne linie ligger Køge Bugt, og den er en del af Dammarks indre territoriale farvand.

Ydre territorial farvand

Det ydre territoriale farvand strækker sig fra kysten eller fra den ovenfor "tænkte" linie og 3 sømil ud.

I det ydre og indre territoriale farvand gælder dansk lov.

Danske myndigheder kan skride ind overfor overtrædere af dansk lov i dansk territorialfarvand.

Da dansk politi ikke besidder de nødvendige midler, skibe - fartøjer og uddannet personel til at håndhæve loven på havet, samarbejder politiet med Søværnet omkring udøvelsen af politimyndighed på havet. I andre lande, som f.eks USA, Sverige m.f., findes en særlig kystvagt

(Coast Guard), der er samfundets udøvende myndighed på havet. En sådan organisation findes ikke i Danmark.

Politimyndighed på havet

Håndhævelsen af dansk lov på havet foregår ved, at Søværnet i det daglige vejleder og tilretteviser skibsfarten i lighed med det, man kender fra politiet på land. Overtræder skibe og fartøjer reglerne/ lovene omkring f.eks. ophold i dansk farvand, kan Søværnet i sidste instans anholde et skib, og om nødvendigt med magt indbringe lovovertræderen til dansk havn, hvorefter sagen overgives til politiet, der foretager det videre fornødne.

Økonomisk zone

Udover den nævnte tremile zone håndhæver Danmark også en såkaldt økonomisk zone på 200 sømil omkring Grønland og Færøerne. Indenfor denne zone gælder særlige regler omkring udnyttelse af fiskebestande og naturlige ressourcer såsom gas og olieindvinding. Disse regler er fastsat i henhold til internationale konventioner.

Midtlinieprincip

I mere kystnære farvande, hvor afstanden mellem to lande måske er mindre end 3 sømil, deles farvandet efter det såkaldte midtlinieprincip, d.v.s. at farvandet deles på midten. I farvandsområder, hvor forholdene er mere komplekse som f.eks. i Nordsøen, er der indgået internationale traktater omkring delingen af farvandet. Passage af de danske stræder er omfattet af særlige internationale aftaler.

Undenfor kystfarvande, d.v.s. 3 sømile zonen (nogle lande har en anden zonestørrelse, f.eks. 6 sømil), har de enkelte lande ingen myndighed. Der råder, hvad man kalder for "Freedom of the high seas". Dette betyder på dansk, at alle skibe har ret til fri bevægelse på havet, sålænge man opholder sig i internationalt farvand. Dette kan i forbindelse med eventuel kontrol af forurening fra skibe betyde, at en kaptajn er i sin gode ret til at nægte en fremmed magts repræsentanter, toldvæsen, politi, søværn etc. ret til at komme ombord i skibet, så længe dette opholder sig i internationalt farvand. Det er derfor klart, at en eventuel kontrol/håndhævelse af et eventuelt internationalt tiltag omkring reduktion af emissioner fra skibe kan være forbundet med en del "praktiske" problemer.

8 Skibstrafikken på danske havne

8.1 Havne

Danmark er en kystnation, og som sådan findes i landet et stort antal havne. Havnene kan opdeles i 3 hovedgrupper:

Trafikhavne

Trafikhavne af hvilke der i 1993 findes 89. Trafikhavne er havne, der er beregnet til erhvervsmæssig betjening af gods, køretøjer og passagerer.

Fiskerihavne

Fiskerihavne er der 13 større af og et stort antal små.

Færgehavne

Færgehavne uden for trafikhavnene er der 55 af, og disse benyttes af store og små færger. Der findes et stort antal små færgehavne til de mange småfærger der betjener de danske småøer.

8.2 Havneanløb

Anløb af skibe i danske havne kan opdeles i to hovedgrupper - færgeanløb og anløb af handelsskibe.

556.000 færgeanløb

Færgeanløbene er langt den overvejende kategori i form af antal anløb. Danske havne blev i 1995 anløbet af 740.000 færger. Antallet af handelsskibe, der anløb dansk havn, udgjorde i samme periode ca. 23.000 > 500 tons.

8.3 Lloyds Maritime Information Services

Lloyds Maritime Information Services (LMIS) er et datterselskab af Lloyds Register of Shipping og Lloyds of London Press. LMIS leverer databaseoplysninger omkring verdens skibsfart. LMIS råder over de mest omfattende og ajourførte databaser omkring skibsfart hos noget enkeltfirma. Informationerne til databaserne leveres fra de to moderselskabers mere end 100 kontorer, og mere end 1800 Lloyds agenturer over hele verden. Ministerier, rederier og værfter supplerer de af Lloyds indsamlede oplysninger.

Databaser

Databaserne er inddelt efter emneområder og omfatter bl.a. følgende emner:

Bestilte skibe og skibe under bygning
Skibsdata
Skibsbevægelser
Skibsredere, agenter og moderselskaber
Skibsforlis og ulykker

8.4 Trafikken til og fra EU

Da der i EU er overvejelser i gang omkring indførelse af direktiver for emissioner fra skibe, er det interessant at kende antallet af skibe, der anløber dansk havn fra en anden EU havn, og antallet af skibe der sejler fra dansk havn til en EU havn.

Ship Movements

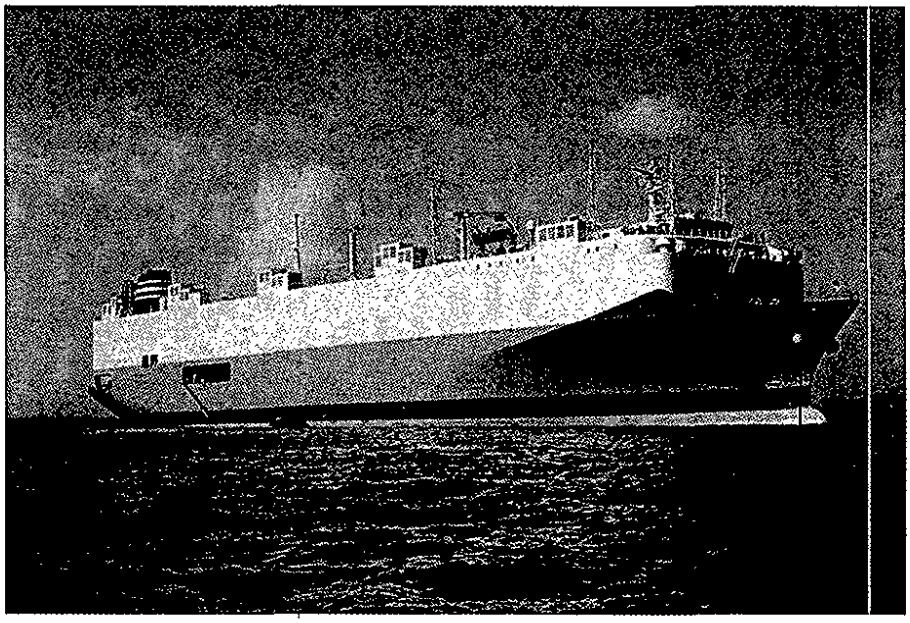
For at foretage denne bestemmelse er der foretaget en databasesøgning hos LMIS i databasen omkring "skibsbevægelser" (Ship Movements).

Ved at søge i meget store datamængder fra databasen "skibsbevægelser" findes, at danske havne i 1995 anløbes af 23.000 handelsskibe med en størrelse på mere end 500 BRT.

Hvis der foretages en nærmere undersøgelse af de af Lloyds opgivne havneanløb, specielt med henblik på at bestemme trafikken til og fra EU fås følgende.

Fra / Til	Antal skibe 1994	Antal skibe 1995
EU havn → dansk havn	10409	8071
Dansk havn → EU havn	10216	7703

I skemaet ses antal skibe, der ankommer dansk havn fra en EU havn, og antal skibe som afgår fra dansk havn til EU havn i 1994-95.



Biltransport skib "Maersk Crest"

Skibet er en såkaldt Pure Car Carrier, beregnet til transport af biler mellem kontinenterne. Skibet kan medføre 3150 personbiler på 10 dæk.

Der kan ved en nærmere analyse foretages fordeling på hovedtyper og størrelser (TDW). De nedenfor benyttede forkortelsen for typebetegnelser fremgår af side 57.

Skibsstørrelser - tdw						
Generel type	0 1000	1000 3000	3000 10000	10000 40000	>40000	Antal
B	23	67	88	96	27	301
C		2			9	11
D	4					4
F	5	5	2			12
G	2141	3121	1393	63		6718
L	30	44	25	4		103
M	26	71	57	48		202
O	24	8	3	9		44
P	1	70	232			303
R	3	1				4
T	55	417	812	159	111	1554
U	4	60	762	222	1	1049
X	86	12	6			104
	2402	**3878**	**3380**	**601**	**148**	**10409**

I tabellen ses antal og størrelse af skibe, der i 1994 kommer fra en EU havn og anløber dansk havn.

Skibsstørrelser - tdw						
Generel type	0 1000	1000 3000	3000 10000	10000 40000	>40000	Antal
B	3	29	82	26	10	150
C					1	1
D	7		4			11
F	2	1	1			4
G	1746	2648	1215	16		5625
L	16	3	8	3		30
M	35	60	51	18		164
O	21	10	6	8		45
P	4		39	1		44
R	2	1				3
T	67	311	610	89	63	1140
U	6	86	531	71	15	709
X	45	2	2			49
	1954	**3151**	**2549**	**232**	**89**	**7975**

I tabellen ses antal og størrelse af skibe, der i 1995 kommer fra en EU havn og anløber dansk havn.

Skibsstørrelser - tdw						
Generel type	0 1000	1000 3000	3000 10000	10000 40000	>40000	Antal
B	23	67	85	75	36	286
C		1			12	13
D	7					7
F	7	11	4			22
G	2237	2833	1325	56		6451
L	37	55	22	2	1	117
M	27	84	59	80		250
O	28	10	5	9		52
P	1	70	230			301
R	3	5				8
T	62	432	788	148	116	1546
U	5	87	772	202	2	1068
X	79	11	5			95
	2516	**3666**	**3295**	**572**	**167**	**10216**

I tabellen ses antal og størrelse af skibe, der i 1994 afsejler fra dansk havn til EU havn. Som EU havne medregnes svenske og finske havne.

Skibsstørrelser - tdw						
Generel type	0 1000	1000 3000	3000 10000	10000 40000	>40000	Antal
B	4	25	76	22	2	129
C					2	2
D	8		2			10
F	4	2	2			8
G	1808	2308	1201	14		5331
L	23	4	8	3		38
M	34	63	47	42		186
O	21	9	6	2		38
P	4	4	39			47
R	1	1				2
T	72	335	605	86	56	1154
U	6	77	473	64	14	634
X	3	2	2			40
	2021	**2830**	**2461**	**233**	**74**	**7619**

I tabellen ses antal og størrelse af skibe, der i 1995 afsejler fra dansk havn til EU havn. Som EU havne medregnes svenske og finske havne.

Som det ses af tabellerne ovenfor, er der nogen forskel på antallet af skibe der afsejler fra Danmark til en EU havn i 1994 og 1995. Om denne forskel er en almindelig variation, eller det skyldes forskelle i indrapportering til LMIS er vanskeligt at afgøre.

Anløb af danske havne af skibe, der kommer fra en anden dansk havn.

Skibsstørrelser - tdw						
Generel type	0 1000	1000 3000	3000 10000	10000 40000	>40000	Antal
B	5	28	337	14	25	409
C					22	22
D	14	1				15
F	3					3
G	2510	1857	457	13		4837
L	6	6	3	3		18
M	21	6	4	9		40
O	9	9	1	3		22
P	2	5				7
R	1	1				2
T	66	717	1016	27	73	1899
U	1	42	197	1		241
X	11	1	1			13
	2649	**2673**	**2016**	**70**	**120**	**7528**

I foranstående tabeller betyder forkortelser for skibstyper følgende:

B Bulkcarrier

C Bulkcarrier, Bulk/Olie - Malm/Olie

D Uddybningsfartøjer

F Fiskefabriksskibe

G Stykgodsskibe

L Gastanker

M Specialtransportskibe, kvægbiler m.m.

O Specialskibe, kran-depot-kabel m.m.

P RO-RO

R Undersøgelsesskibe

T Tankskibe

U Containerskibe

X Slæbebåde - isbrydere

9 Beregninger

9.1 Generelt

I det følgende er foretaget beregninger af de samlede emissioner fra skibsfarten. Der er foretaget delberegninger for de enkelte skibsgrupper, og de til beregningerne anvendte forudsætninger er beskrevet under de enkelte skibstyper.

9.2 Farvandsområde

Ved beregning af emissioner fra skibe i danske farvande har det været nødvendigt at fastlægge et område, der i forbindelse med denne rapport betegnes som dansk farvand. Af afsnit 7 fremgår, at dansk territorialfarvand strækker sig 3 sømil udfra kysten, hvilket ikke, i forbindelse med beregning af emissioner, synes som en rimelig grænse. Det er derfor valgt at indlægge nogle "naturlige" afgrænsninger af dansk område.

Emissioner beregnet i område ... ...

I denne rapport er dansk farvand at betragte som farvandsområdet med vestlige og østlige grænser i Nordsøen og Østersøen langs den 6 og den 16 længdegrad. Nord-syd afgrænsningerne udgøres i Nordsøen af henholdsvis Norges og Hollands kyst, og i Østersøen af Sveriges og Polens kyst (se side 19). Herved fås et dansk område, indenfor hvilket emissioner fra skibsfarten beregnes. Trafikken til nordtyske havne med adgang fra Nordsøen er ikke medtaget.

9.3 Generelle emissionsfaktorer

For at bestemme mængderne af de enkelte miljøforurenende stoffer, gøres brug af såkaldte emissionsfaktorer. Emissionsfaktorer er generelle bestemmelser af forurenende komponenter fra en kendt proces, som f.eks. en dieselmotor.

Emissionsfaktorer

Man benytter sig af emissionsfaktorer, når der ikke er foretaget konkrete målinger på den enkelte motor. Emissionsfaktorerne er bestemt udfra et stort antal målinger på forskellige motorer, og herudfra er der opstillet generelle forhold.

Omstående faktorer fås fra en omfattende undersøgelse, der er foretaget af Lloyds Register "Marine Exhaust Emissions Research Programme" i perioden 1989-94. Der er i undersøgelsen foretaget målinger ombord i 60 skibe. De fundne værdier er i god overensstemmelse med værdier fundet ved direkte målinger på danske skibe.

Der er ikke forsøgt foretaget kvantitativ bestemmelse af PAH, da det eksisterende datagrundlag for dette endnu er for spinkelt.

Generelle emissionsfaktorer

Komponent	Enhed, g/kWh
Faststof	1,5[1] --- 0,2[2]
NO_x	17[3] --- 12[4]
CO_2	660
CO	1,6
SO_2	4,2 * svovl % i brændstof
TOC	0,5

1) Motorer der benytter fuelolie
2) Motorer der benytter gasolie
3) Slow speed motorer, typisk handelsskibe
4) Medium speed motorer, typisk færger og handelsskibe

9.4 Emissioner fra færger

I løbet af projektperioden 1994-96 er der sket en del ændringer i færgefarten i danske farvande, idet der i 1995-96 er indsat såkaldte hurtigfærger på nogle bestående ruter. Disse færger har i offentligheden påkaldt sig stor interesse og opmærksomhed. Det er derfor valgt at lade hurtigfærgerne indgå i denne rapport, selvom flere af ruterne først rigtigt er i fuld drift fra 1996 og denne rapport ellers omhandler emissionerne fra skibe i danske farvande i 1995. Det er valgt at medtage de færgeruter, der har været i drift den største del af 1996. Hurtigfærgen, der i december 1996 er indsat på Dragør-Limnhamn, er således ikke medtaget. Tallene for hurtigfærgerne relateres således til 1996, hvorimod de andre færger relateres til 1995.

For at beregne emissionen fra færger i danske farvande er der foretaget en indsamling af oplysninger om olieforbrug og oliekvalitet hos relevante rederier. I nedenstående skema fremgår omfanget af svar, der er indkommet, og hvordan fordelingen er på de 4 hovedgrupper af ruter.

Ruter	Svar	Mulige svar
Primære	5	10
Sekundære	6	39
Internationale	7	30
Hurtig	4	5

Af skemaet ses antallet af færgeruter, der besejler dansk farvand.

Årligt effektforbrug

For de ruter, hvor det ikke har været muligt at få oplyst det aktuelle forbrug og den benyttede oliekvalitet, er der foretaget en bestemmelse af emissionerne udfra følgende: Årligt ansat effektforbrug, årligt ansat olieforbrug og ansat oliekvalitet. Bestemmelsen af det årlige effektforbrug og det årlige olieforbrug er foretaget ud fra en opgørelse af det årlige antal afgange, rutens længde, ansat middeleffektforbrug, og ansat specifikt brændstofforbrug (g/kWh).

Antallet af årlige afgange er oplyst af Danmark Statistik, statistiske efterretninger, samfærdsel og turisme 1996:18. Der er benyttet opgørelser for 1995.

Middeleffekt

Der er ved færgerne regnet med en middeleffekt på 70% af den maksimale ydelse ud fra det faktum, at en del af overfartstiden går med havnemanøvrer og svejninger. Færgernes installerede effekt fremgår af relevante håndbøger. Der er i beregningerne ikke regnet med de forskelle, der er i emissionerne, når motorerne manøvreres, bl.a. ind og ud af havn, og når motorerne under overfart belastes jævnt. Denne vurdering er foretaget udfra den betragtning, at de ruter, der omsætter store energimængder er længere ruter, hvor selve overfarten under jævn belastning udgør langt den største del af "tiden i søen". Der er her typisk tale om primære og internationale ruter, hvor den overvejende del af sejladsen foregår med jævn belastning. Endvidere er det ganske svært i en rapport som denne, hvor der ikke er foretaget et stort antal målinger ombord under aktuelle driftsforhold for den enkelte rute, at estimere den vægtede middelemission.

Olieforbrug, hjælpemotorer

Olieforbruget til drift af hjælpemotorer indgår i de oplyste forbrug, og der er ikke benyttet forskellige emissionsfaktorer for emissioner stammende fra færgernes hjælpemotorer. For de ruter, hvor olieforbruget ikke er oplyst, er der ikke foretaget tillæg for forbrug til hjælpemotordrift.

Generelt kan siges, at ca. 15-20 % af det samlede brændselsforbrug ombord i en færge stammer fra drift af hjælpemotorer. Dette kan synes som en stor andel, men færger har et stort elforbrug til lys, ventilation, restauranter m.m.

Ved de ruter, hvor der ikke foreligger oplysninger om den benyttede oliekvalitet, er regnet med følgende svovlindhold i brændselsolien:

Færgerute	Svovlindhold i brændselsolien %
Primære ruter	1
Sekundære ruter	0,2
Internationale ruter	1
Hurtig ruter	0,1

I tabellen ses de ansatte svovlindhold i brændselsolien benyttet ved færgeruter, hvor der ikke haves konkrete oplysninger og brændselskvaliteten.

Det er vort skøn, at et svovlindhold på 1,0 % er regnet en del på den lave side, idet der er sandsynlighed for, at et antal af færgerne på de længere ruter benytter en HFO olie (Heavy Fuel Oil) med et svovlindhold på ca. 2-2,5 %. Det er valgt at lægge sig i den lave ende af skalaen m.h.t. svovlindhold for ikke at regne større emissioner fra de ruter, hvor der ikke haves oplysninger om brændselsoliens kvalitet, end virkeligheden ville vise.

Da der indenfor de angivne generelle emissionsfaktorer optræder nogen variation afhængig af motortype med mere, er ved beregninger af emissioner fra færger regnet med følgende:

Emissionsfaktorer- færger

Komponent	Primære ruter g/kWh	Sekundære ruter g/kWh	Internationale ruter g/kWh
Faststof	1,5	0,2	1,5
NO_x	12	12	12
CO_2	660	660	660
CO	1,6	1,6	1,6
SO_2	4,2 × svovl %	4,2 × svovl %	4,2 × svovl %
TOC	0,5	0,5	0,5

Emissionsfaktorer benyttet ved beregning af emissioner fra færger.

Faktorerne for NO_x er fastsat udfra det forhold, at NO_x-emissionerne vurderes til at ligge på nogenlunde samme niveau for de tre ovenstående hovedgrupper, da langt de fleste af færgerne er udrustet med medium eller high speed motorer.

Emissionsfaktorer- færger

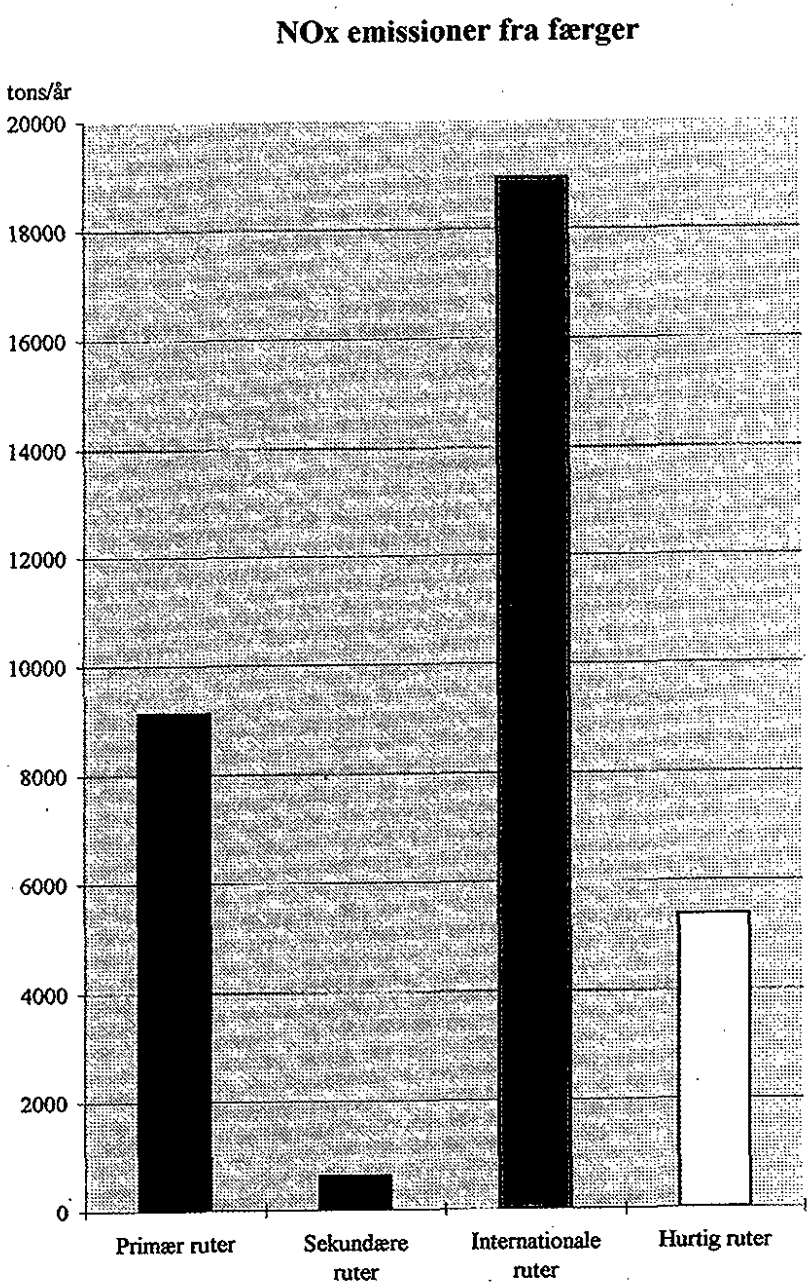
Komponent	Hurtigruter dieselmotor g/kWh	Hurtigruter gasturbine* g/kWh
Faststof	0,2	0,2
NO_x	14	4,3
CO_2	630	750
CO	1,8	0,1
SO_2	4,2 × svovl %	4,2 × svovl %
TOC	0,5	0,5

* Emissionsfaktorer fra gasturbiner stammer fra rapport "Nye færgetyper" - Trafikministeriet.

Udfra omstående og kendskabet til færgesejladsen i danske farvande kan følgende årlige emissioner fra færgernes maskinerier beregnes.

Komponent	Primær ruter tons/år	Sekundær ruter tons/år	Internationale ruter tons/år	Hurtig ruter tons/år
Faststof	1.140	10	2.370	100
NO_x	9.140	620	18.900	5.380
CO_2	502.000	34.000	1.040.000	332.000
CO	1220	80	2.530	620
SO_2	3.200	44	6.630	210
TOC	380	26	790	250

Emissioner fra færger.



I diagrammet ses fordelingen af de årlige NO_x-emissioner fra de 3 færge kategorier

Hvis omstående emissioner fra de tre hovedkategorier af færger summeres fås følgende årlige emissioner fra færger.

Af nedenstående tabel fremgår de summerede årlige emissioner fra de færger i danske farvande.

Komponent	Emissioner tons/år
Faststof	3.600
NO_x	34.000
CO_2	1.900.000
CO	4.400
SO_2	10.100
TOC	1.400

9.5 Emissioner fra handelsskibe

Beregning af emissioner fra handelsskibe vanskeliggøres af, at de handelsskibe, der besejler danske farvande, kommer fra et stort antal nationer og fra endnu flere rederier. Handelsskibe bunkrer olie mange forskellige steder i verden, så det er umuligt at give andet end et kvalificeret bud på blandt andet svovlindholdet i det benyttede brændstof. Der er ved ansættelse af emissionsfaktorer taget højde for, at handelsskibe normalt benytter fuelolie som brændstof.

Større handelsskibe er almindeligvis udrustet med langsomtgående motorer, og mindre handelsskibe er ofte udrustet med medium speed motorer.

Det er derfor besluttet at dele handelsskibene i 2 grupper, større eller mindre end 3000 tons. Denne fordeling er bl.a. valgt udfra de oplysninger, der er til rådighed.

Der regnes derfor med, at fuelolie anvendes til skibe større end 3.000 tons med et svovlindhold på 2,2 %, og gasolie til skibe mindre end 3.000 tons med et svovlindhold på 0,2%.

Der er udfra kendskabet til passager gennem bælterne og fra Kielerkanalen til den østlige Østersø foretaget beregninger af emissioner fra handelsskibe. Beregningerne er foretaget udfra antallet af årlige passager, årligt effektforbrug, årligt olieforbrug og ansat oliekvalitet.

Udfra oplysninger fra LMIS er det bestemt, hvilke skibe der besejler danske farvande i 1995. Der er søgt oplysninger på alle skibe, der anløber dansk havn eller passerer igennem dansk farvand.

Beregning af effektforbrug

45.000 skibsbevægelser

Dansk farvand er opdelt i 30 sektorer. De aktuelle distancer mellem de forskellige sektorer og kombinationer af sektorer er opmålt som udsejlede afstande, hvor der tages højde for farvandenes geografi. Herved fås distancerne mellem alle kombinationer af sektorer, i alt ca. 500 forskellige afstande. Alle byer og lokaliteter, det kan være

ankerpladser eller anløbsbroer mv. , der optræder i LMIS liste, er endvidere relateret til de aktuelle sektorer hvori disse er beliggende, i alt ca. 7000 forskellige lokaliteter, hvor skibe enten kommer fra eller sejler til. Der optæder i databasen ca. 3500 forskellige skibe. Hvis de 3500 forskellige skibe sammenholdes med antallet af passager af Bælterne og Øresund, ses at en del af skibene må passere flere gang. Dette er i god overensstemmelse med oplysninger fra VTS-centrene, hvor de 20 mest passerende skibe opgøres på månedsbasis. De typiske antal passager i gruppen på de 20 mest passerende skibe er i området 10-40 passager pr. skib. Herefter beregnes den udsejlede distance for det enkelte skib ved at summere distancerne f.eks. fra Esbjerg (C1) til Frederikshavn (A3) o.s.v. Der er foretaget analyse af 45.000 skibsbevægelser.

Skibets fart er ansat, og fra databaseoplysningerne haves skibets aktuelle maksimale effekt. Der er regnet med, at skibet som middel benytter 80 % af den installerede effekt.

Udfra databaseoplysninger kan effekten på hovedmaskineriet i det enkelte skib bestemmes. Udfra dette og kendskabet til skibets sejladsmønster har det været muligt at udregne det enkelte skibs MWh forbrug ved sejllads i danske farvande. Det har været nødvendigt, på grund af de store datamængder og mange destinationer, at simplificere beregningerne. Farvandsområdet er derfor opdelt i et antal sektorer, hvor sejladsen så er beregnet fra sektor X til sektor Y og så videre.

Installeret effekt

Skibsstørrelse tons	Middeleffekt kW	Ansat fart knob
< 1000	1080	10
1 - 3.000	1350	13
3 - 10.000	3300	13
10 - 40.000	8000	13
> - 40.000	12400	13

I skemaet ovenfor ses middeleffekten i de skibsstørrelser, der indgår i undersøgelsen.

Emissionsfaktorer - handelsskibe

Komponent	Handelsskibe < 3000 t g/kWh	Handelsskibe > 3000 t g/kWh
Faststof	0,2	1,5
NO_x	12	17
CO_2	660	660
CO	1,6	1,6
SO_2	4,2* svovl %	4,2* svovl %
TOC	0,5	0,5

Af tabellen fremgår hvilke emissionsfaktorer, der er benyttet ved beregning af emissioner fra handelsskibe, der passerer gennem danske farvande.

Komponent	< 3000 tons tons/år	> 3000 tons tons/år
Faststof	16	3.200
NO_x	940	35.900
CO_2	52.000	1.395.000
CO	130	3.400
SO_2	70 *	19.500 *
TOC	40	1.060

Årlige emissioner fra handelsskibes hovedmotorer.

* Af afsnit 5.5 fremgår, hvordan svovlindholdet i bunkers til brug i handelsskibe varierer. Middelværdien af svovlindholdet fra 7 havne (10 forskellige bunkringer) er 2,6 %. Det er valgt at lægge en vis sikkerhed ind i beregningerne, hvorfor der er benyttet en svovlprocent på 2,2 ved beregninger af SO_2-emissioner fra skibe større end 3000 tons. Ved skibe mindre end 3000 tons er valgt en brændselsolie med et svovlindhold på 0,2 %.

I afsnit 4.4 er angivet typiske årlig el-forbrug og forbrug af brændselsolie til drift af handelsskibes hjælpemotorer. Med disse forbrug som grundlag kan emissionerne fra handelsskibes hjælpemotorer udregnes. Der regnes med et timeforbrug på 500 kW for skibe større end 3000 tons og et timeforbrug på 80 kW for skibe mindre end 3000 tons.

Emissioner fra handelsskibes hjælpemotorer

Komponent	< 3000 tons tons/år	> 3000 tons tons/år
Faststof	320	330
NO_x	3710	3740
CO_2	150.000	150.000
CO	360	350
SO_2	1940	2030
TOC	110	110

Årlige emissioner fra handelsskibes hjælpemotorer.

Når emissionerne fra handelsskibes hoved- og hjælpemotorer summeres fås følgende totalemissioner fra handelsskibe.

Komponent	Handelsskibe tons/år
Faststof	3.800
NO_x	44.300
CO_2	1.740.000
CO	4.200
SO_2	23.600
TOC	1.300

Årlige emissioner fra handelsskibes hoved- og hjælpemotorer.

9.6 Emissioner fra fiskefartøjer

For fiskefartøjer er det årlige olieforbrug og kvalitet oplyst af Danmarks Fiskeriforening.

Emissionsfaktorer - fiskeskibe

Komponent	Fiskeskibe g/kWh
Faststof	0,2
NO_x	12
CO_2	660
CO	1,6
SO_2	4,2×svovl %
TOC	0,5

Da olieforbruget (1995) og oliekvaliteten (0,2 % svovl) ombord i danske erhversfiskefartøjer kendes, kan der udfra et ansat energiforbrug på 0,22 g/kWh udregnes følgende årlige emissioner.

Komponent	Erhvervsfiskefartøjer tons/år
Faststof	150
NO_x	8.800
CO_2	490.000
CO	1.200
SO_2	620
TOC	370

Årlige emissioner fra fiskefartøjer.

9.7 Emissioner fra krigskibe

Krigskibe indgår ikke i beregningen af emissioner, da olieforbruget ikke kendes. Krigskibe benytter gasolie af højeste kvalitet, hvorfor SO_2-emissionerne må anses for liggende på et relativt lavt niveau. Gasturbiner anses for at ligge med NO_x-emissioner på nogle gram pr. kWh.

Det skønnes, at brændselsforbruget i danske krigskibe udgør en ganske lille procentuel andel af det samlede forbrug af brændselsolie i danske farvande, hvorfor emissionerne også forventes at være begrænsede.

9.8 Emissioner fra fritidsfartøjer

Emissioner fra fritidsfartøjer stammer fra fartøjernes fremdrivningsmotorer. Det er kun et fåtal og kun de største af fritidsfartøjer, der råder over en separat hjælpemotor til produktion af el. Når fritidsfartøjets fremdrivningsmotor er i drift, trækker denne en generator, som det kendes fra biler. Generatoren oplader et batterianlæg, akkumulatorer, der sørger for forsyning af fartøjets elforbrugende komponenter. Når fartøjet er i havn, oplades akkumulatorerne normalt ved forsyning fra havnens elanlæg. En del fritidsfartøjer er endvidere udrustet med et varmeagregat til kabineopvarmning. Dette aggregat er identisk med lignende aggregater som kendes fra biler til opvarmning af motor og kabine og benytter fartøjets brændstof.

Fritidsfartøjer kan opdeles i 2 hovedgrupper af fartøjer, sejlbåde og motorbåde. Begge typer fartøjer kan være udrustet med benzin eller dieselmotorer. Inden for disse to typer findes endvidere 2 eller 4-takts motorer. Det typiske er at udenbordsmotorer (påhængsmotorer) er af totakts typen og indenbords typisk af firetakts typen.

Sejlbåde

De fleste sejlbåde er i dag udrustet med en motor til fremdrivning ved sejllads i vindstille og til brug ved havnemanøvre. Sejlbådens motor kan være enten en dieselmotor eller en benzinmotor. Motorerne findes som udenbordsmotorer, som er benzindrevne påhængsmotorer eller som indenbordsmotorer, der kan være enten benzin- eller dieseldrevne. De typiske størrelser for motorer i sejlbåde er fra nogle få kW til ca. 30 kW.

Motorbåde

Motorbåde kan have motorer af meget forskellig størrelse fra ca. 10 kW fra de mindste motorbåde og op til 5-800 kW for de største "cabin cruisers".

Der er en tendens til, at jo mindre motoren er, jo højere belastning arbejder den ved, når den er i brug.

Drifttiden på motorerne er ganske svær at vurdere, da den utvivlsomt varierer kraftigt fra fartøj til fartøj. Der kan dog gives en rettesnor til drifttiderne som følger:

Sejlbåde 10 timer/år

Motorbåde > 10kW 40 timer/år

Motorbåde < 10 kW 20 timer/år

Ved en del af de benyttede motorer udledes udstødsgassen under vandet. De nedenfor refererede emissionsfaktorer er beregnet udfra indholdet i udstødsgassen og ikke som udslip til atmosfæren.

Komponent	4-takt g/kWh	2-takt <10kW g/kWh	2-takt >10kW g/kWh
Faststof	0,5	5	4
NO_x	5	3	1
CO_2	1200	1100	1100
CO	150	250	250
TOC	15	150	100

I tabellen ses emissioner fra typiske motorer installeret ombord i fritidsfartøjer.

Typiske motorer benyttet ombord i fritidsfartøjer har et brændstofforbrug på 400-500 g/kWh.

Der er ikke i denne undersøgelse foretaget nogen egentlig bestemmelse af de installerede effekter ombord i fritidsfartøjerne. Det er valgt, bl.a udfra svenske undersøgelser, at ansætte middeleffekt og driftstimer. Som middeleffekt på motorerne er ansat 15 kW, specifikt brændstofforbrug 450 g/kWh, og en driftstid på 15 timer årligt. De benyttede emisionsfaktorer fremgår af nedenstående skema. Det forudsættes endvidere, at 65 % af den omsatte effekt er fra dieselmotor, og der regnes med et svovlindhold i brændslet på 0,1 %.

Emissionsfaktorer - fritidsfartøjer

Komponent	Fritidsfartøjer g/kWh
Faststof	3
NO_x	4
CO_2	1100
CO	200
SO_2	4,2 * svovl %
TOC	80

I tabellen er vist emissionsfaktorer benyttet ved beregning af emissioner fra fritidsfartøjer.

Udfra ovenstående kan de samlede emissioner fra fritidsfartøjer større end 6 meter beregnes til følgende.

Komponent	Emissioner tons/år
Faststof	30
NO_x	41
CO_2	11.000
CO	2.000
SO_2	59
TOC	810

Årlige emissioner fra fritidsfartøjer.

9.9 Samlet opgørelse over emissioner fra skibe

I omstående er foretaget en opstilling af emissioner fra de forskellige kategorier af skibe, der omtales i denne rapport. Tallene er afrundede.

Kompo-nent	Færger tons/år	Handels-skibe tons/år	Fiske-fartøjer tons/år	Fritids-fartøjer tons/år
Faststof	3.600	3.800	150	30
NO_x	34.000	44.000	8.800	41
CO_2	1.900.000	1.740.000	490.000	11.000
CO	4.400	4.200	1.200	2.000
SO_2	10.100	23.600	620	59
TOC	1.400	1.300	370	810

Årlige emissioner fra skibe, inddelt efter skibsklasse.

Når omstående summeres fås følgende totalemissioner fra skibsfarten.

Komponent	Emissioner tons/år
Faststof	7.600
NO_x	87.000
CO_2	4.100.000
CO	12.000
SO_2	34.000
TOC	4.000

De årlige emissioner fra skibe i danske farvande.

9.10 Brændstofforbrug

For at foretage de ovenfor anførte beregninger, er det årlige olieforbrug indenfor de enkelte hovedgrupper af skibe beregnet. Der er for

handelsskibe mindre end 3000 tons regnet med et specifikt olieforbrug på 0,2 kg/kWh og for skibe større end 3000 tons 0,17 kg/kWh.

Hovedgruppe	Fuel olie * tons/år	Marine Gas Olie ** tons/år
Færger	177.000	381.000
Handelsskibe [1)]	332.000	136.000
Erhversfiskefartøjer	0	162.000
Fritidsfartøjer	0	5.000 ***
Sum	509.000	684.000

* Olie med et svovlindhold på mere end 1% eller mere %.

** Olie med et svovlindhold på mindre end 0,2 %.

*** Gasolie og benzin.

1) Der er i beregning af brændstofforbrug i handelsskibe medregnet forbrug ansat forbrug til hjælpemotorer.

10 Sammenligning af emissioner.

10.1 Generelt

For at have en mulighed for at vurdere størrelsesordenen af emissionerne fra skibsfarten i forhold til andre kendte kilder er der i nedenstående foretaget en sammenligning med emissioner fra andre kendte sektorer.

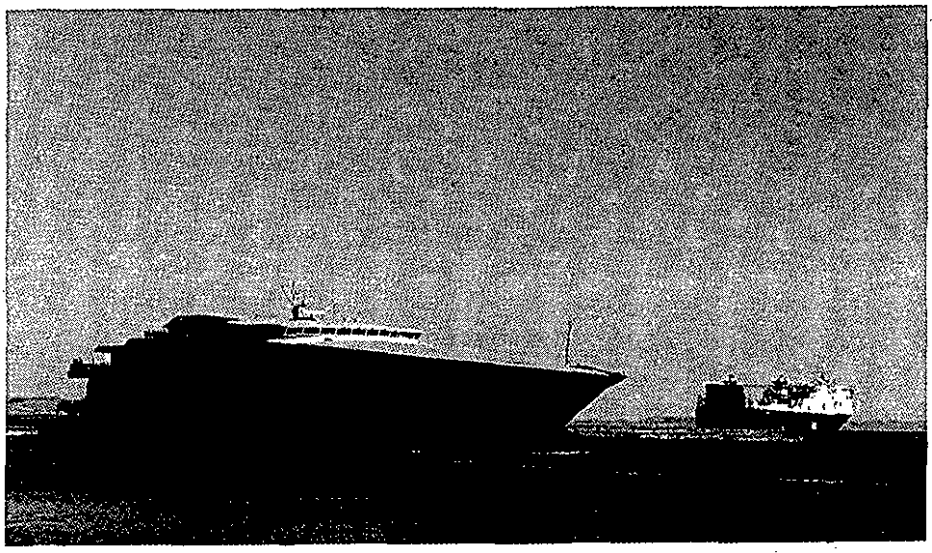
10.2 Sammenligning af emissioner

I nedenstående sammenlignes de årlige emissioner for nogle nøgleparametre fra kraftværker, transportsektoren-vej-bane-fly i Danmark, og søtransport i danske farvande.

Komponent	Kraftværker tons/år	Transportsektor * tons/år	Søtransport tons/år
NO_x	74.000	101.000	87.000
CO_2	27.000.000	11.000.000	4.100.000
SO_2	98.000	1.700	34.000

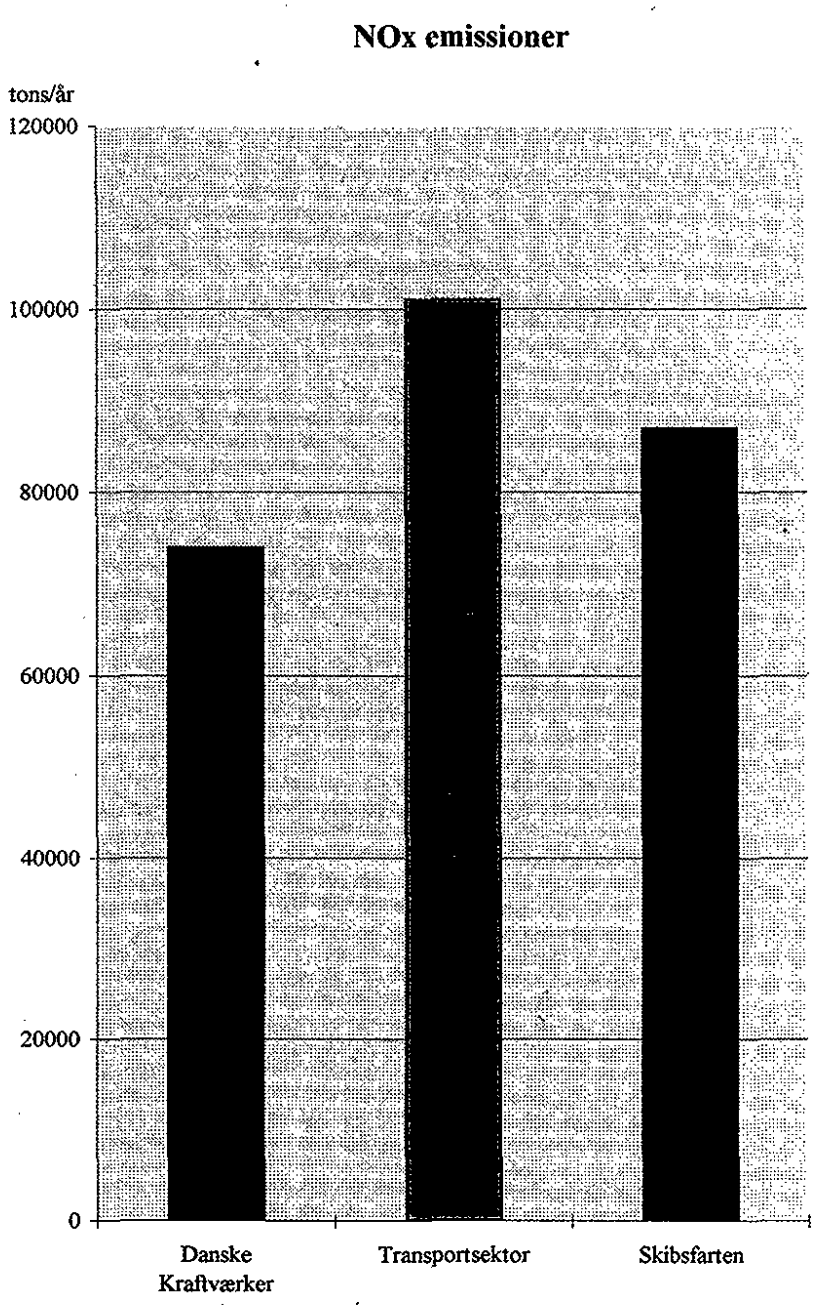
Årlige emissioner fra kraftværker, transportsektoren og søtransport i Danmark.
** Vej, bane og fly.*

På næste side ses forholdene mellem udvalgte emissioner fra de 3 ovenfor nævnte hovedgrupper.



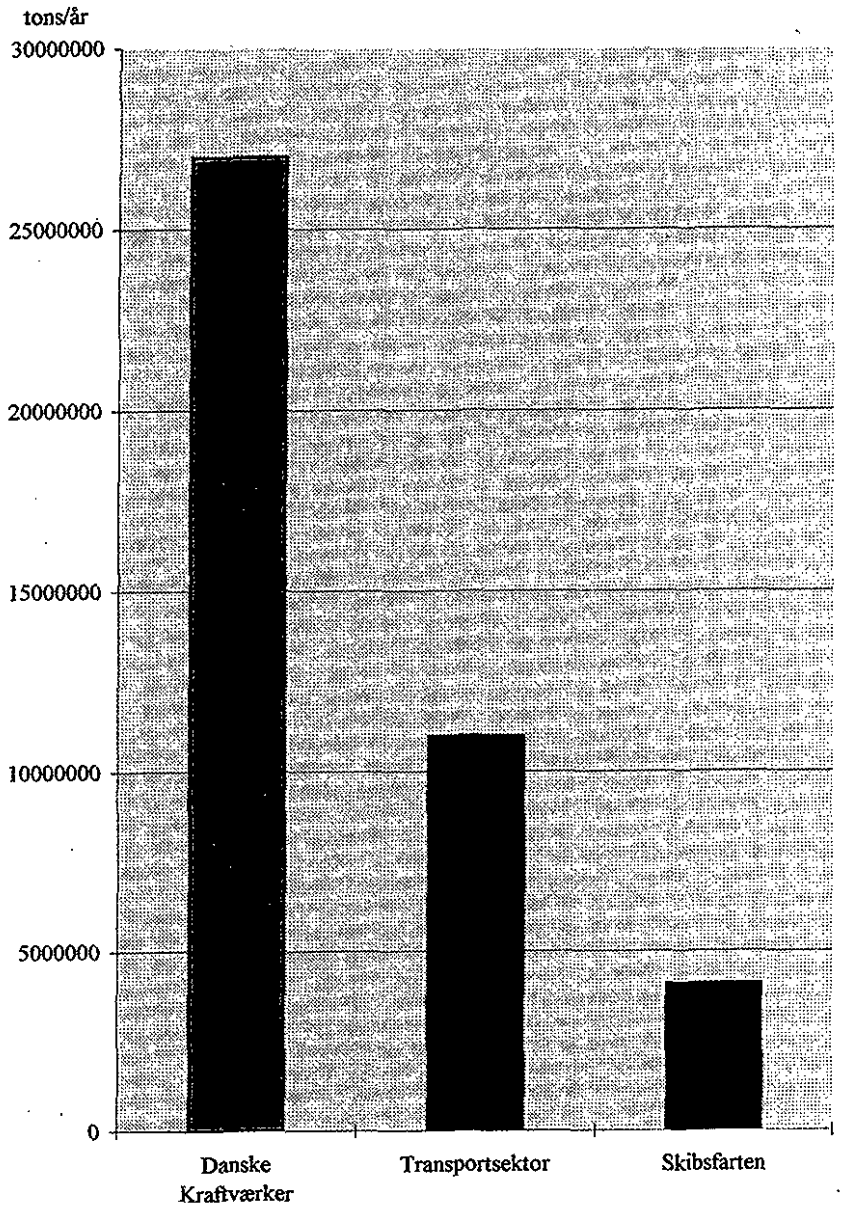
Cat-Link 1 og Ask

Nyt og gammelt mødes.



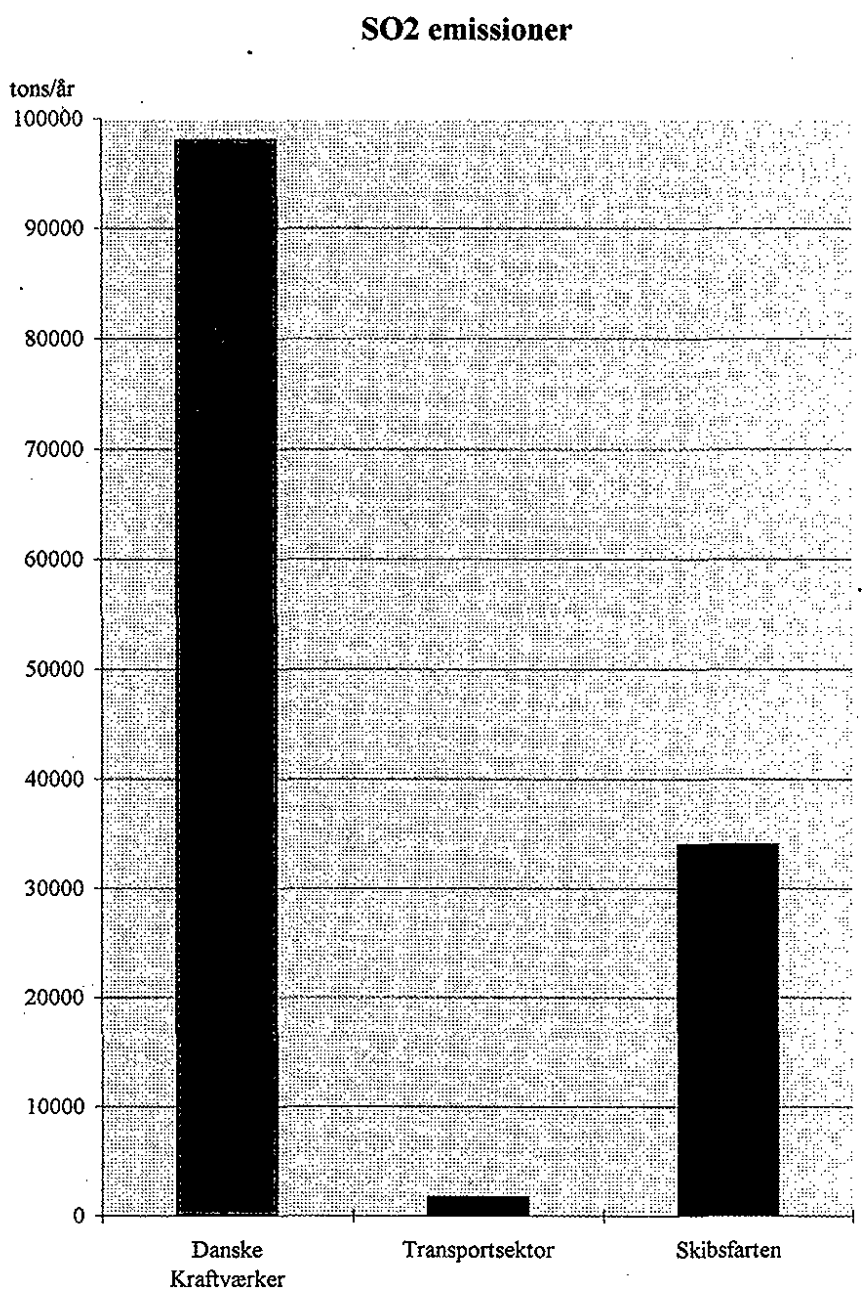
Emissioner fra skibsfarten i danske farvande sammenlignet med emissioner fra danske kraftværker og transportsektor.

Det ses, at emissionerne af NO_x fordeles med 101.000 tons fra kraftværker, og 74.000 tons fra transportsektoren og 87.000 tons fra skibsfarten.



Emissioner fra skibsfarten i danske farvande sammenlignet med emissioner fra danske kraftværker og transportsektor

Det ses, at emissionerne af CO_2 fordeles med 27.000.000 tons fra kraftværker, fra vejtransporten 11.000.000 tons og 4.100.000 tons fra skibsfarten.



Emissioner fra skibsfarten i danske farvande sammenlignet med emissioner fra danske kraftværker og transportsektor.

Det ses, at emissionerne af SO_2 fordeles med 98.000 tons fra kraftværker, og 1700 fra transportsektoren og 34.000 tons fra skibsfarten.

11 Fremtidsudsigter

Hvordan tegner så fremtiden sig for skibsfarten ? Der tegner sig nogle tendenser, som kort skal nævnes.

11.1 Fremtidens skibe

Et af de områder, hvor der de seneste år har været den kraftigste udvikling, er inden for klassen af hurtige færger, der kan medtage biler. Denne skibsklasse er helt ny, idet hurtige færger tidligere kun har kunnet medtage passagerer, og der har været tale om mindre skibe. Af disse ruter kendes i Damnark nok bedst hurtigfærgerne mellem København og Sverige, der i de ca. sidste 30 år har været besejlet af hydrofoilfartøjer, Hoover Crafts og flere forskellige typer katamaraner. De nye hurtigfærger kan typisk medtage op til ca. 150 personbiler eller en kombination af personbiler, lastbiler og busser, og ca. 500 passagerer. Færgerne er bygget af aluminium, for at holde egenvægten nede, og har et meget kraftigt maskineri bestående af højtydende dieselmotorer eller gasturbiner. Færgerne har en en typisk installeret effekt på 20-30.000 kW og en servicefart på 32-45 knob.

Danske hurtigruter

De første af disse færger er begyndt at besejle ruter i Danmark i begyndelsen af 1990 erne (Frederikshavn-Göteborg). Af andre ruter sås i 1995 ruten Grenå-Hundested og Århus-Kalundborg. I foråret 1996 er åbnet ruten mellem Odden og Ebeltoft og ruten mellem Gedser og Rostock. Ruten Odden-Ebeltoft besejles af 2 hurtigfærger og 2 konventionelle færger. Denne kombination synes som optimal, idet de 2 færgetyper supplerer hinanden. Hurtigfærgerne har visse begrænsninger i forhold til konventionelle færger, idet de er mere følsomme overfor vejret, ligesom sejllads i is ikke er egnet for et skrog bygget i aluminium. Hurtigfærgernes kapacitet til at transportere tunge lastbiler er meget begænset og udføres bedst af konventionelle færgetyper.

Let byggede hurtigfærger

De let byggede hurtigfærger er mere sårbare overfor mekaniske havarier på skrog og højtydende maskinerier. Gasturbiner er godt nok forholdsvis hurtige at skifte som en enhed, hvilket kendes fra krigskibe.

Med hensyn til emissioner af SO_2 er de forholdsvis lave (pr/kWh) , idet både gasturbiner og højtydende dieselmotor benytter højkvalitetsbrændstof. Gasturbinens NO_x-emission udgør kun ca. 25 % af NO_x-emissionen fra en dieselmotor.

Stor effekt

Nogle vil mene, at 25 MW er en stor effekt for at transportere 400 passagerer og 100 biler. Dette kan siges, hvis der sammenlignes med traditionelle færger. Der er dog visse forhold, der skal tages i betragtning, og det er "fyldningsgraden" af færgen. En stor færge, der sejler mere eller mindre tom, kan have et energiforbrug pr. transporteret bil/person km, der er højere end en hurtigfærge, der er fyldt !

I daglig drift er hurtigfærgerne utroligt bekvemme, og de etablerer en hurtig forbindelse mellem landsdelene.

I de senere år har der været en del projekter fremme omkring hurtige containerskibe, hurtigere end de ca. 24-26 knob store containerskibe i dag gør, men endnu er ingen af disse under bygning.

Vindskibe

I efteråret 1996 fremkom et dansk skibskonsulentfirma Pelmatic Knud E. Hansen A/S, med en rapport om muligheden for i fremtiden at bygge skibe, der fremdrives ved sejl. Man kan ikke sige, at denne ide er ny, idet sejl har været benyttet til fremdrivning i flere tusinde år. Der er dog her tale om topmoderne fartøjer optimeret til fremdrivning med sejl, men samtidigt udrustet med en mindre dieselmotor, således at sejlplanen kan holdes, selv om vinden ikke kan.

11.2 Fremtidens maskinerier

Gasturbiner

Som nævnt i ovenstående vil gasturbinen vinde indpas i hurtige skibe i fremtiden. Gasturbinen er egentlig ikke ny i forbindelse med skibe, idet den har været benyttet i stor udstrækning ombord i krigskibe de sidste 30 år. Teknologien er derfor velkendt og gennemprøvet. Der vil sandsynligvis i de kommende år blive fokuseret meget på de miljømæssige aspekter ved gasturbinedrift i takt med, at disse turbiner vinder indpas i den civile skibsfart.

Indenfor traditionelle dieselmotorer foregår et intensivt udviklingsarbejde for at gøre disse økonomiske og særdeles driftsikre maskine så miljøneutrale som muligt.

Der foregår også udviklingsarbejde indenfor katalysator og røgrensningteknologi, der eventuelt vil blive benyttet i forbindelse med dieselmotordrift.

Af de lidt mere eksotiske emner er brændselscellen, hvor de første søgående eksempler er set ombord i krigskibe.

12 Afslutning

I fremtiden vil der utvivlsomt, i større grad end det ses i dag, ske en gradvis fokusering på skibsfartens miljøforhold i lighed med det, der er set hos virksomheder i land, igennem de sidste 20 år. Ting som grønne regnskaber, miljøstyring og grønne rederier vil sandsynligvis vinde indpas. Opmærksomhed omkring disse forhold ses allerede nu hos visse færgerederier, ligesom flere landes søværn er godt fremme på dette område, f.eks. har en amerikansk destroyer sin egen hjemmeside på internettet, hvor interesserede kan se, hvilke tiltag der tages ombord i dette skib for at mindske miljøproblemerne !

13 Bilagsoversigt

Bilag 1 Oversigt over Primære færgeruter

Bilag 2 Oversigt over Sekundære færgeruter

Bilag 3 Oversigt over Internationale færgeruter

Bilag 4 Oversigt over hurtig færgeruter

Bilag 5 Faststof emissioner fra skibe

Bilag 6 NO_x emissioner fra skibe

Bilag 7 CO_2 emissioner fra skibe

Bilag 8 CO emissioner fra færger

Bilag 9 SO_2 emissioner fra færger

Bilag 10 TOC emissioner fra færger

Bilag 11 Brændstofforbrug ombord i færger

Bilag 12 Brændstofforbrug ombord i Færger, Handelsskibe, Fiskefartøjer, Fritidsfartøjer

Bilag 13 PAH måleudstyr.

Bilag 14 Litteraturliste

Bilag 15 Ordforklaring

PRIMÆRE FÆRGERUTER 1995

Overfart	Dist. km	Dist. sm	Dist/år sm	Ture pr.år	Overfartstid timer/tur	Antal færger
København/Rønne	200	108,0	92000	852	6,5	3
Hundested/Grenå	78	42,1	45000	1080	2,66	1
Odden/Ebeltoft	48,4	26,1	239000	9138	1,66	2
Kattegatbroen	69,2	37,4	113000	3016	3	3
Århus/Kalundborg	88	47,5	336000	7080	3,16	2
Halskov/Knudshoved	19	10,3	266000	25940	1	5
Korsør/Nyborg (IC)	25,5	13,8	242000	17578	1,08	3
Korsør/Nyborg,Vognmand	25,5	13,8	216000	15656	1,08	3
Tårs/Spodsbjerg	14,7	7,9	152000	19124	0,75	3
Bøjden/Fynshav	15	8,1	40000	4978	0,83	2
						28
SUM			1741000	103766		
Total installeret effekt, MW	**210**					

Bilag 1

SEKUNDÆRE FÆRGERUTER 1995

Overfart	Dist. km	Dist. sm	Dist/år sm	Ture pr.år	Overfartstid timer/tur	Antal færger
Hundested/Rørvig	6	3,2	32365	9990	0,42	3
Kulhuse/Sølager	0,9	0,5	5248	10800	0,13	1
Holbæk/Orø	7	3,8	26828	7098	0,05	2
Sejerø/Havnsø	20,8	11,2	37287	3320	1	2
Kalundborg/Samsø	44	23,8	38536	1622	2	1
Korsør-Lohals	29,5	15,9	34344	2160	1,25	1
Stigsnæs/Agersø	3,1	1,7	17800	10634	0,25	1
Stigsnæs/Omø	13	7,0	40081	5710	0,66	1
Fejø/Kragenæs	3,1	1,7	25490	15228	0,25	1
Femø/Kragenæs	15	8,1	46118	5694	0,83	1
Askø/Bandholm	6	3,2	14274	4406	0,5	1
Bogø/Stubbekøbing	2,3	1,2	7186	5786	0,2	2
Marstal/Rudkøbing	16,3	8,8	33093	3760	1	1
Rudkøbing/Strynø	7	3,8	18437	4878	0,58	1
Drejø/Skarø/Svendborg	22,8	12,3	32476	2638	1,5	1
Ærøskøbing/Svendborg	25	13,5	51944	3848	1,25	1
Søby/Mommark	18	9,7	17495	1800	1,08	1
Faaborg/Søby	19,2	10,4	35829	3456	1	1
Faaborg/Avernakø/Lyø	23,5	12,7	54233	4274	1,83	1
Ballebro/Hardeshøj	2	1,1	20568	19046	0,17	1
Årøsund/Årø	1,6	0,9	12644	14636	0,17	1
Assens/Bågø	7	3,8	13917	3682	0,5	1
Hjarnø/Snaptun	1	0,5	2772	5134	0,08	1

Listen over sekundære færgeruter fortsættes på bilag 2b.

SEKUNDÆRE FÆRGERUTER 1995

Overfart	Dist. km	Dist. sm	Dist/år sm	Ture pr.år	Overfartstid timer/tur	Antal færger
Endelave/Snaptun	9	4,9	3227	664	1,17	1
Hov/Samsø	20,5	11,1	53198	4806	1,33	2
Hov/Tunø Kattegat	15	8,1	10675	1318	1,08	1
Grenå/Anholt	54	29,2	13996	480	2,75	1
Læsø/Frederikshavn	28	15,1	31054	2054	1,5	1
Sundsøre/Hvalpsund	2	1,1	24320	22520	0,17	1
Thyborøn/Agger	2,1	1,1	16092	14192	0,17	1
Esbjerg/Fanø (DSB)	4,2	2,3	59957	26438	0,33	3
Hals-Egense	0,55	0,3	12829	43200	0,083	3
Horsens-Endelave	31	16,9	35287	2088	1,5	1
Feggesund overfart	0,8	0,4	12784	29594	0,1	1
Næssund overfart		0,0	0	26942	0,1	1
Branden-Fur	0,5	0,3	18295	67764	0,05	1
Kleppen-Venø	0,34	0,2	7711	42000	3	1
Hov-Tunø	14	7,6	10077	1333	1	1
Rønbjerg-Livø	4,3	2,3	0		0,42	1
SUM			,928466	434993		49
Total installeret effekt, MW	**20**					

Bilag 2b

INTERNATIONALE FÆRGERUTER 1995

Overfart	Dist. km	Dist. sm	Dist/år sm	Ture pr.år	Overfartstid timer/tur	Antal færger
Esbjerg-Thorshavn	230	124,2	3229	26	8,75	1
Ystad-Rønne	45	24,3	40335	1660	2,5	1
Dragør-Limnhamn	16,4	8,9	95637	10800	0,92	2
Helsingør-Helsingborg	4,8	2,6	108544	41880	0,42	6
Helsingør-Helsingb.sundb	4,8	2,6	70512	27206	0,33	3
Grenå-Halmstad	120	64,8	88510	1366	4,25	1
Grenå-Varberg	116	62,6	86812	1386	3,75	1
Frederikshavn-Göteborg	90,8	49,0	338196	6898	3,25	2
København-Oslo	525	283,5	204104	720	16	2
Frederikshavn-Oslo	300	162,0	96544	596	10,5	1
Frederikshav-Larvik	220	118,8	88380	744	6,25	1
Frederikshavn-Moss	250	135,0	88013	652	7	1
Hirtshals-Kristianssand	185	99,9	214168	2144	4,5	2
Hirtshals-Oslo	300	162,0	103672	640	8,5	1
Esbjerg-Harwich	240	129,6	39914	308	6,12	2
Esbjerg-Newcastle	180	97,2	9914	102	4,73	1
Rønne-Mukran/Rügen	115	62,1	19374	312	3,5	1
Rønne-Sassnitz	110	59,4	10691	180	3,5	1

Listen over internationale færgeruter fortsættes på bilag 3b.

INTERNATIONALE FÆRGERUTER 1995

Overfart	Dist. km	Dist. sm	Dist/år sm	Ture pr.år	Overfartstid timer	Antal færger
København-Swinoucie	260	140,4	91814	654	10,5	2
Rødby-Putgarten	18	9,7	349600	35970	1	5
Gedser-Rostock	51	27,5	70579	2563	2	1
Bagenkop-Kiel	62,8	33,9	47948	1414	2,5	1
Halskov-Kiel	140	75,6	42635	564	5,25	1
Faaborg-Gelting	48,8	26,3	36890	1400	2	1
Rømø-Sylt	10,3	5,6	34471	6198	0,75	2
København-Helsingb.DanL	42	22,7	141603	6244	1,8	2
Hanstholm-kristianssand	135	72,9	156285	2144	5	1
Hanstholm-Bergen	525	283,5	132667	468	18	2
Rønne-Swienucie	148	79,9	1598	20	5	1
København-Ven	28	15,0	7050	470	1,25	1
						46
			2819689	155729		
Total installeret effekt. MW	**423**					

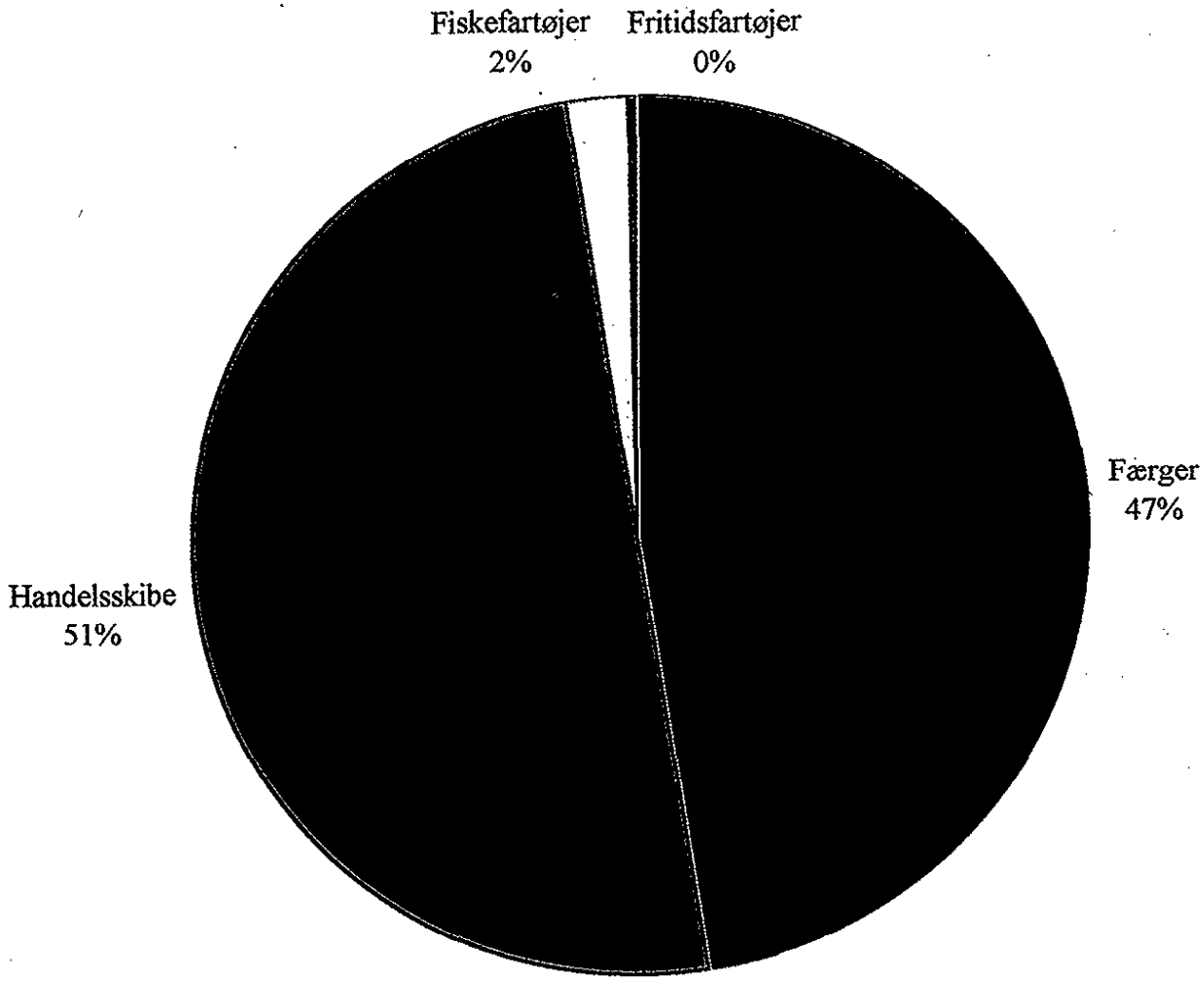
Bilag 3 b

HURTIGFÆRGERUTER 1996

Overfart	Dist. km	Dist. sm	Dist/år sm	Ture pr.år	Overfartstid timer/tur	Antal færger
København-Sverige	32	17,3	442000	25592	0,58	7
Frederikshavn-Göteborg	90	49,0	170000	3500	1,75	1
Odden-Ebeltoft	48	26,0	282000	10800	0,75	2
Århus-Kalundborg	88	48,0	376000	7920	1,42	3
Gedser-Rostock	57	31,0	66000	2160	1,17	1
						14
			1336000	49972		
Totalt installeret effekt, MW	172					

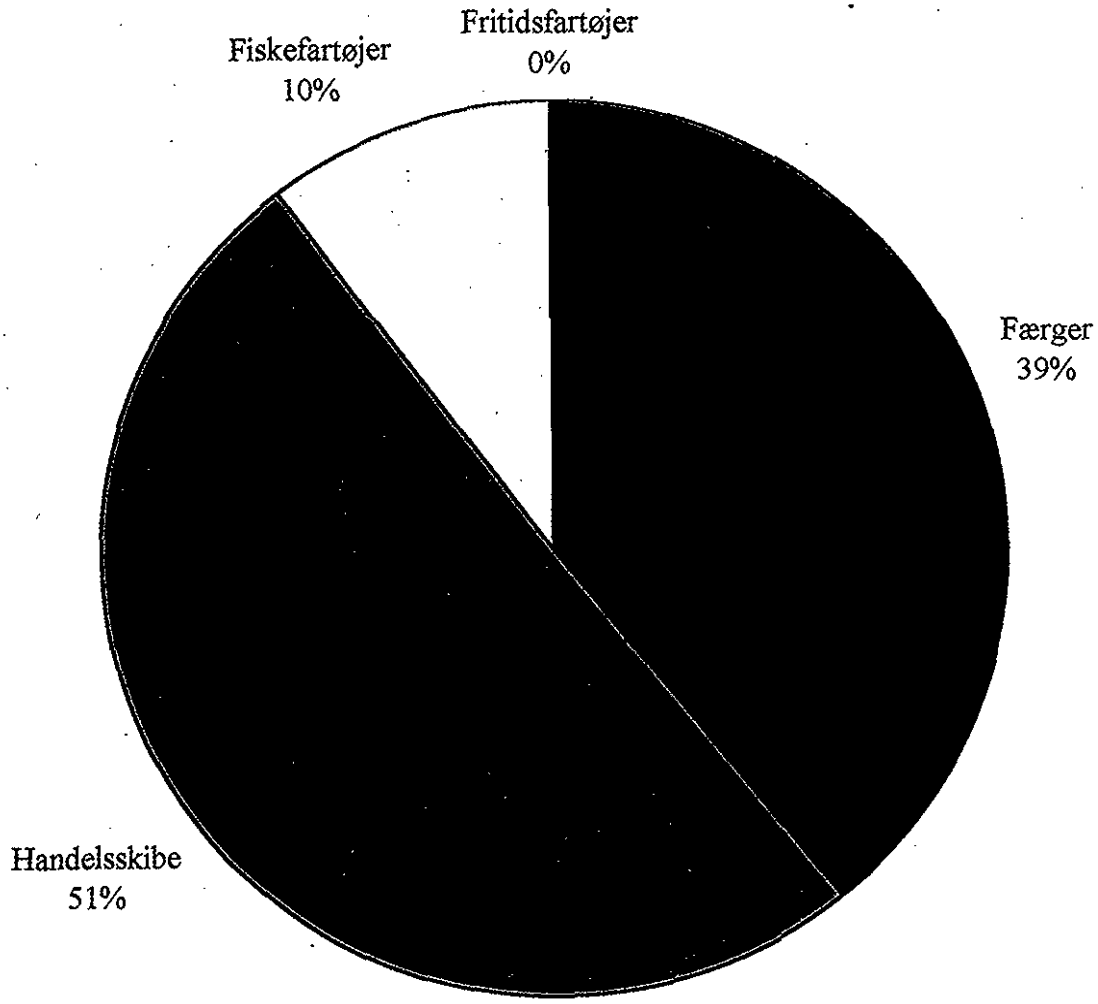
Bilag 4

Faststofemission fra skibe



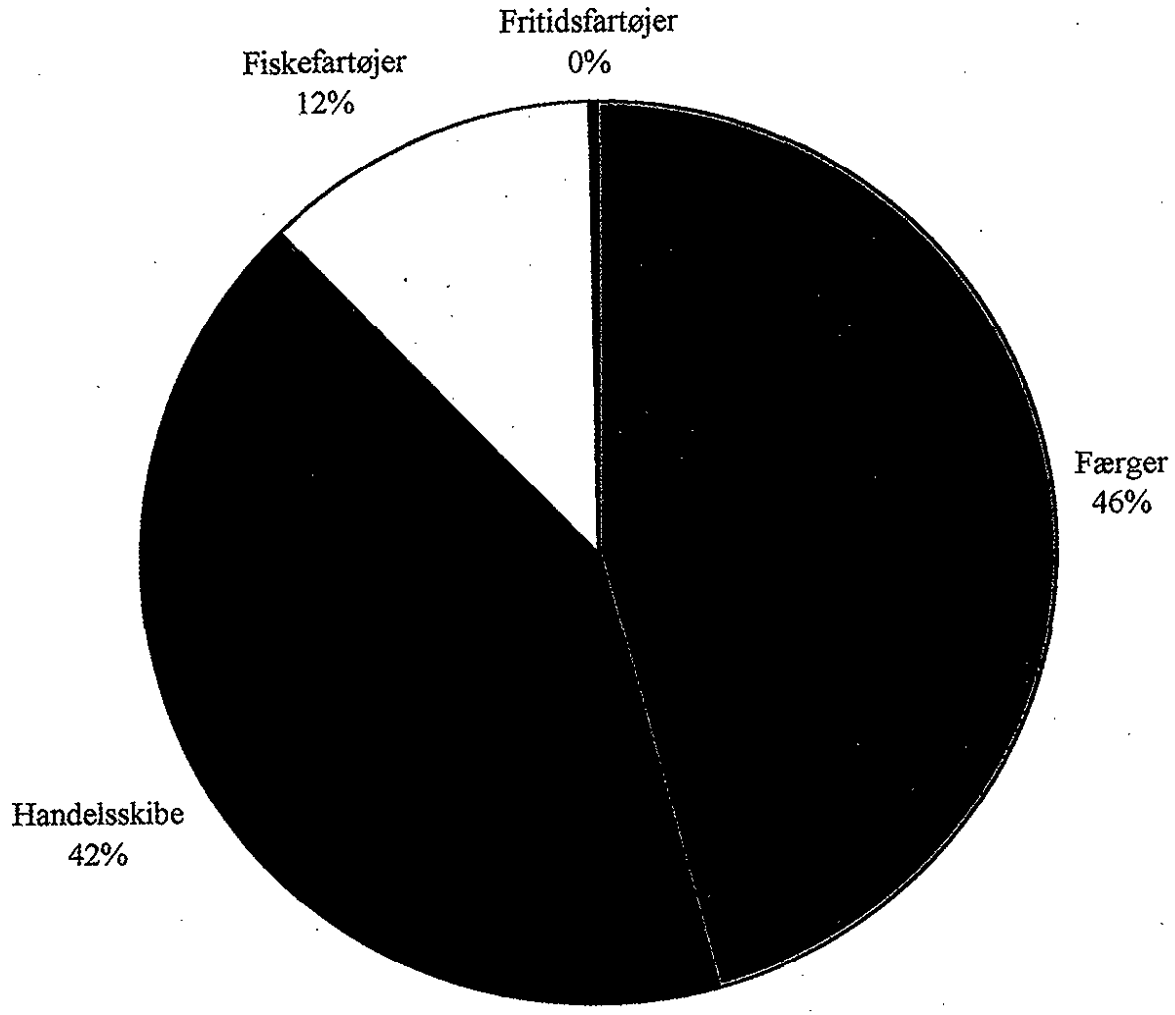
Bilag 5

NOx emission fra skibe



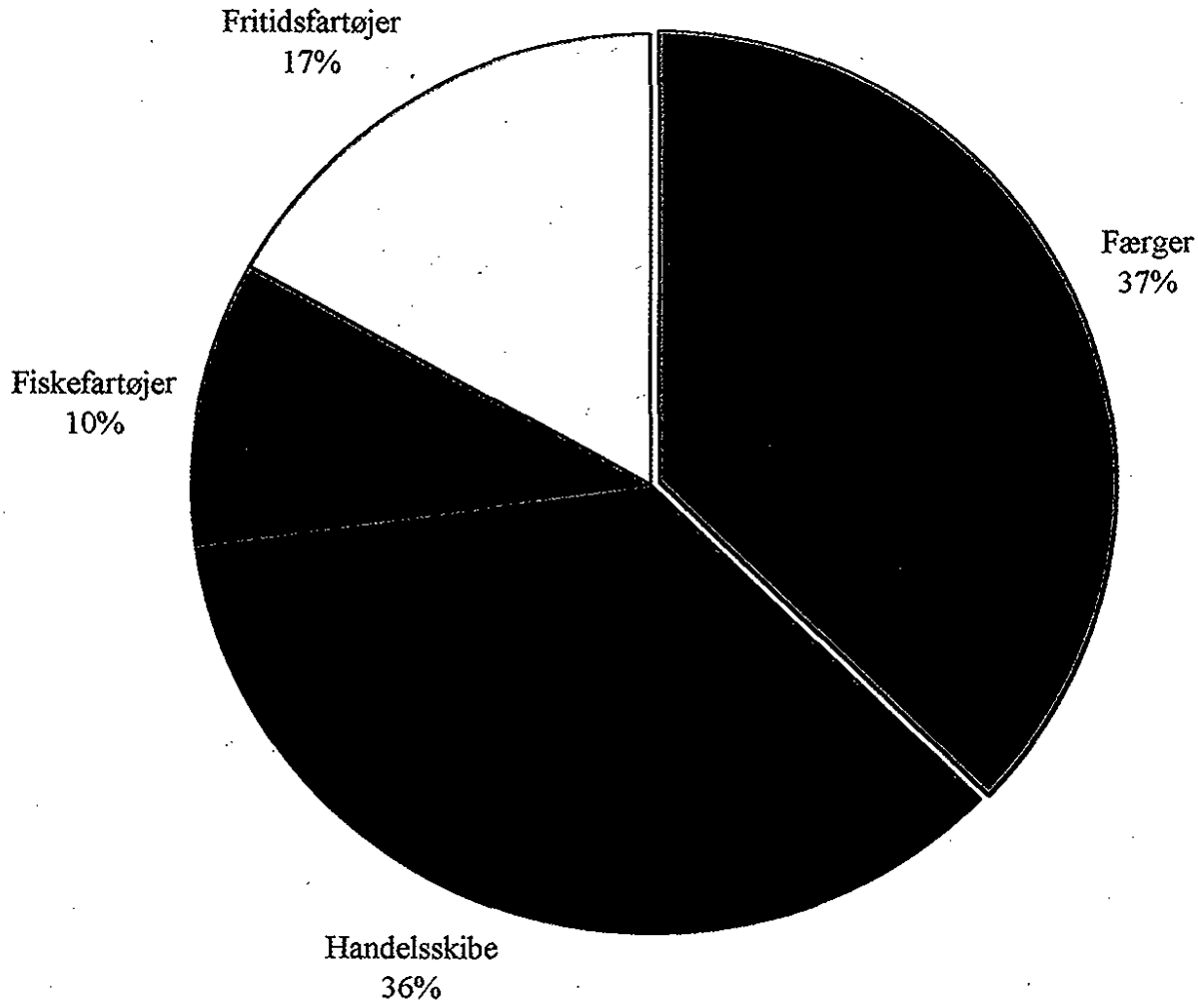
Bilag 6

CO2 emissioner fra skibe



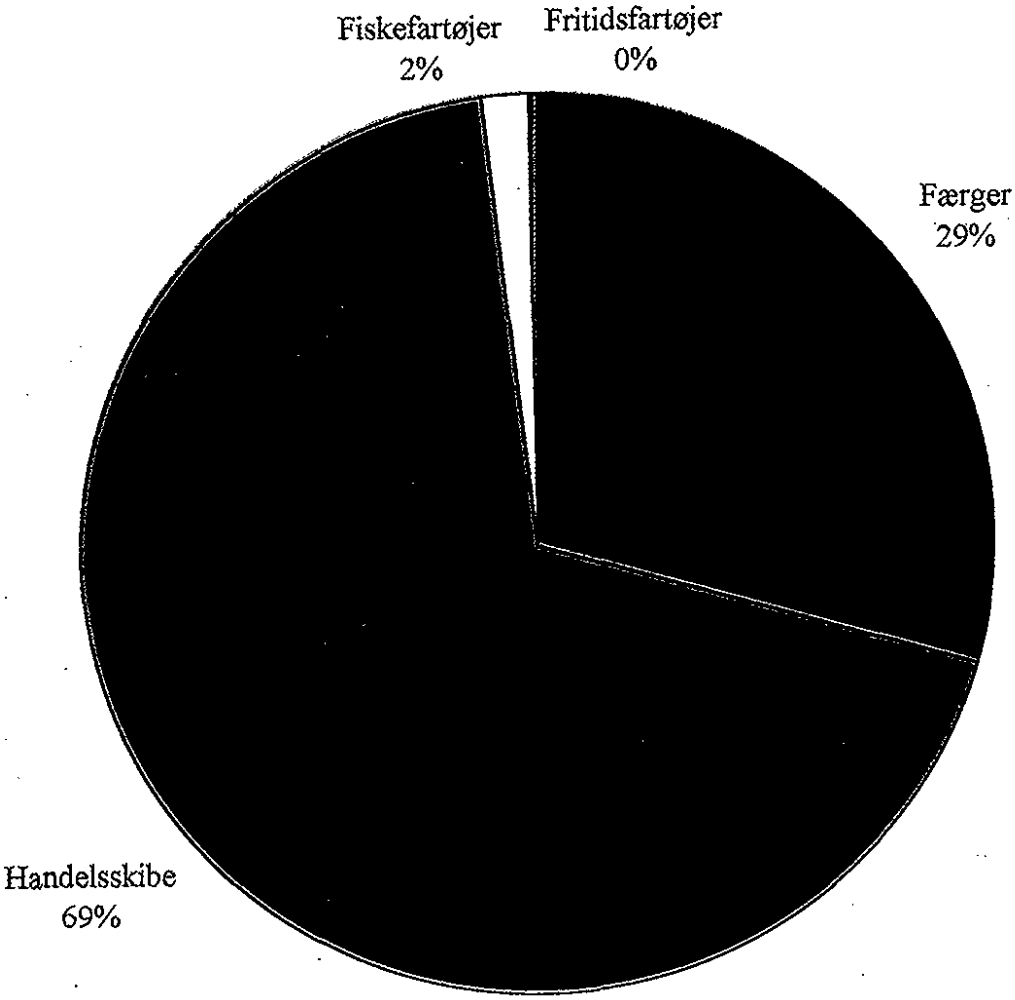
Bilag 7

CO emission fra skibe



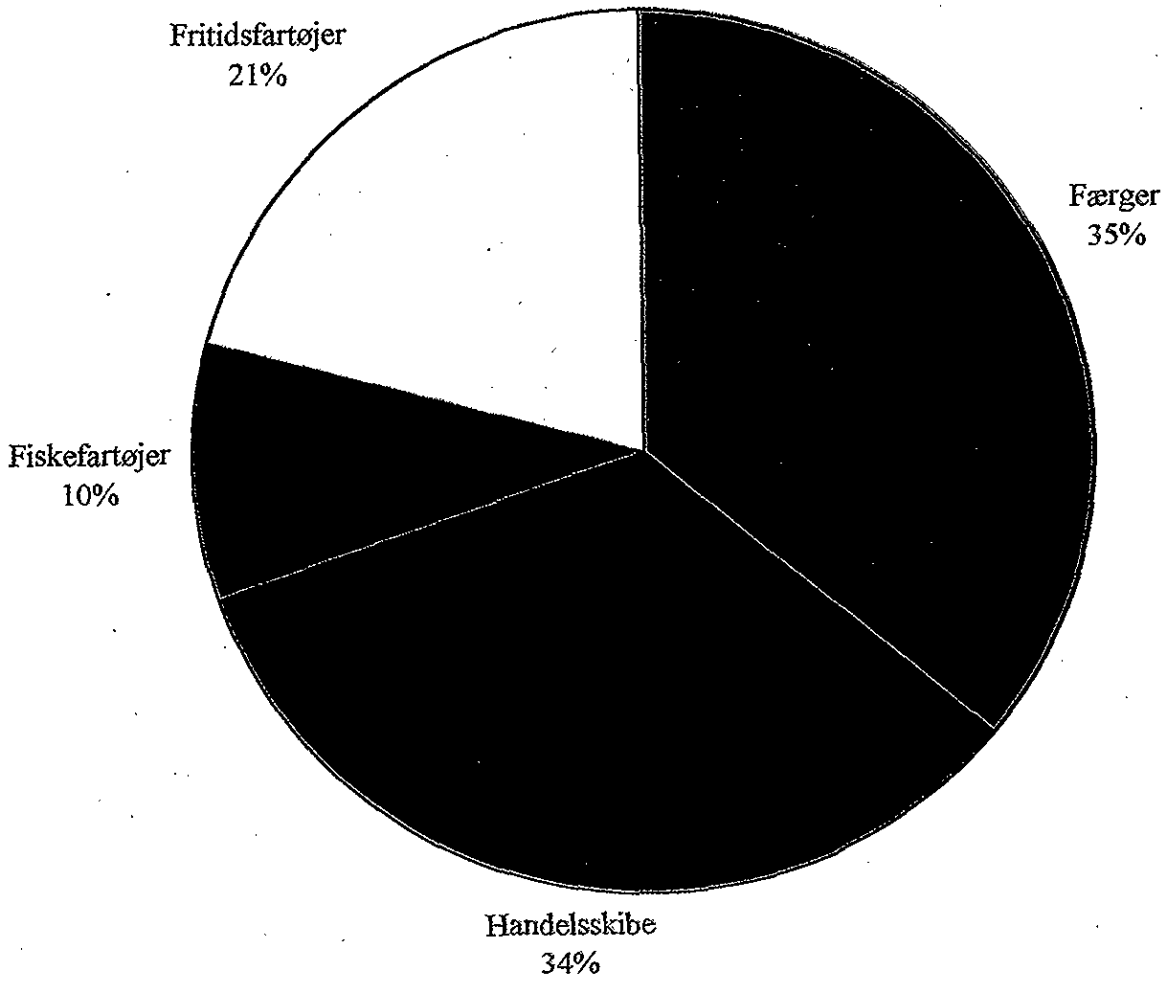
Bilag 8

SO2 emission fra skibe



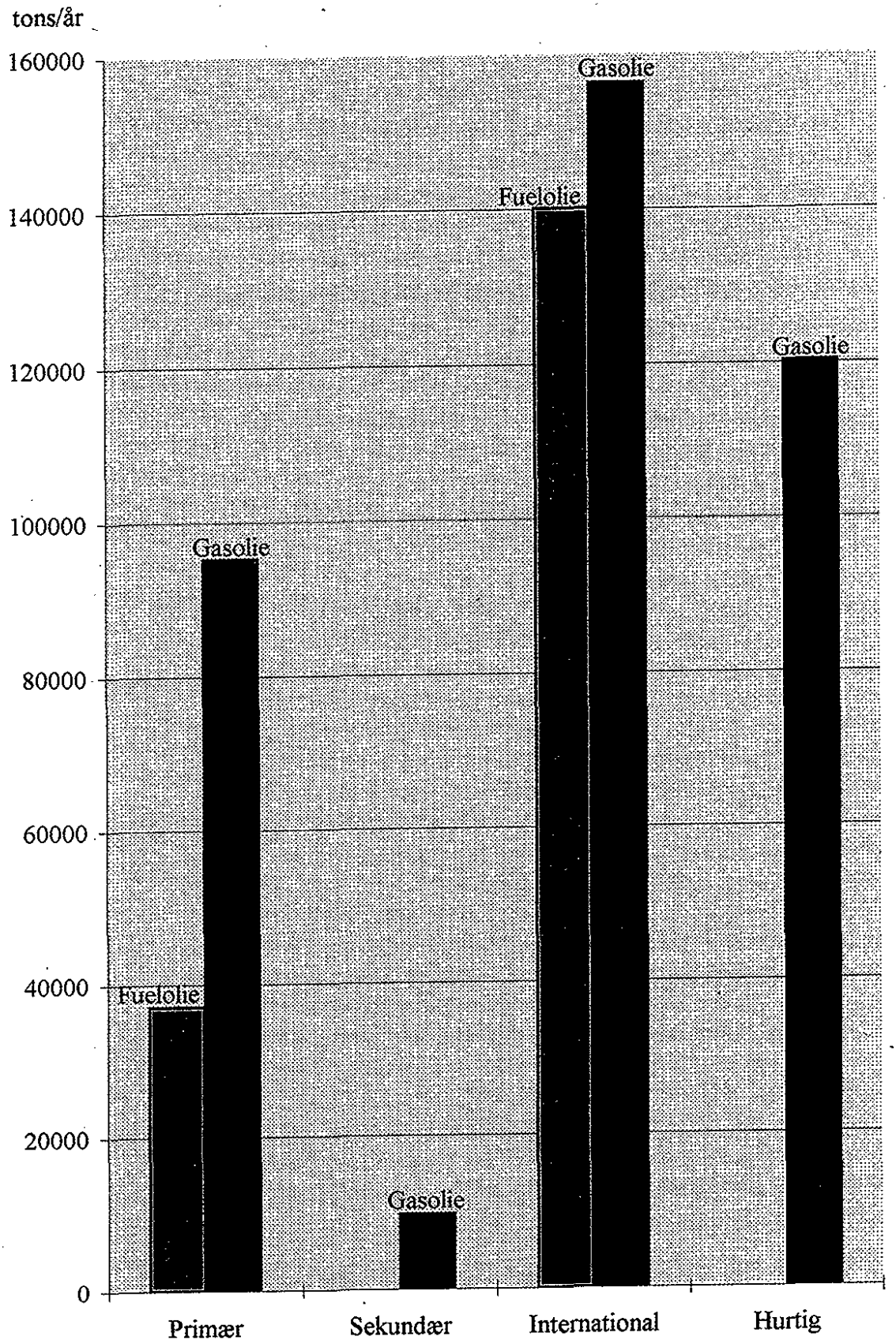
Bilag 9

TOC emissioner fra skibe



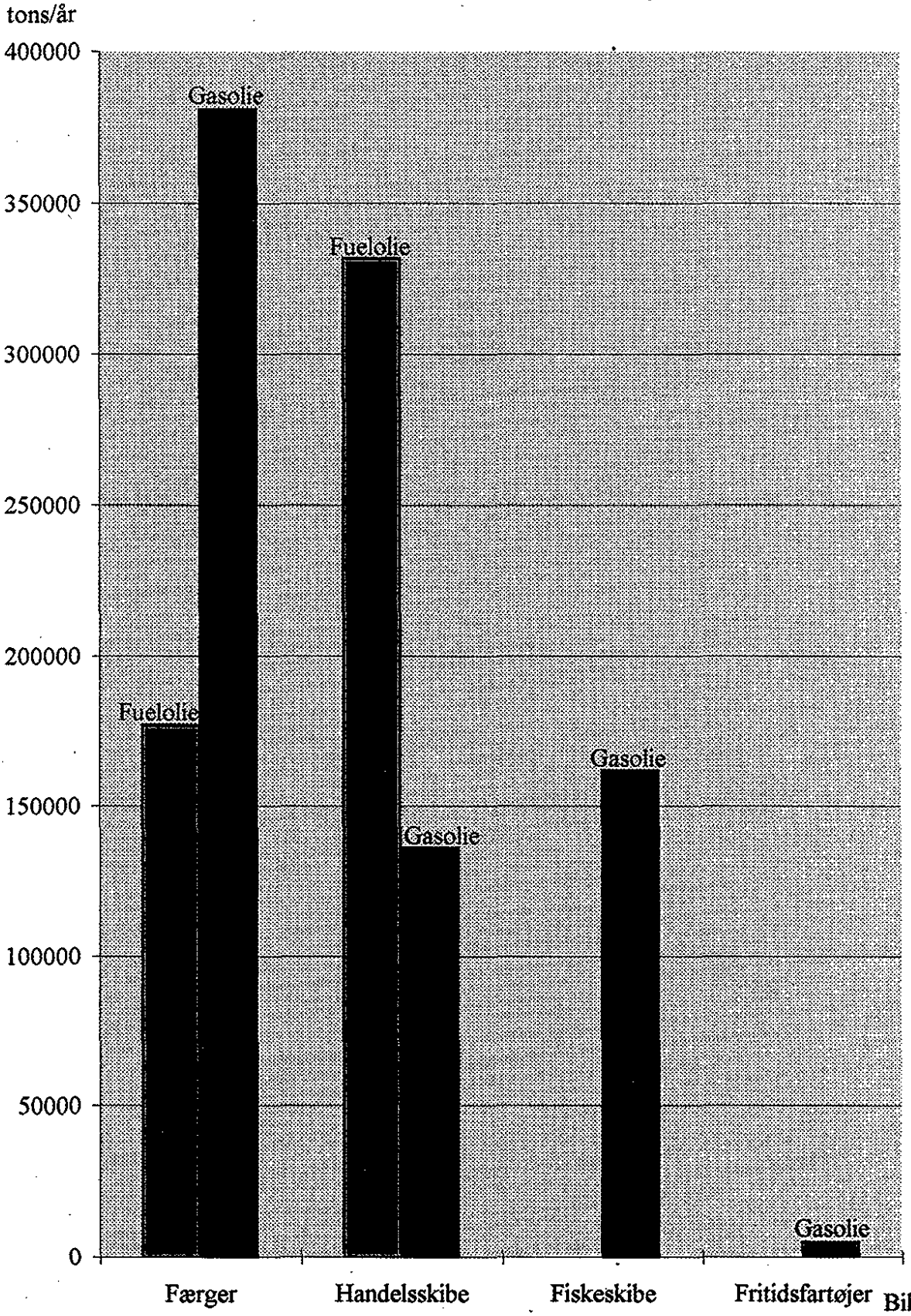
Bilag 10

Årligt olieforbrug- færger



Bilag 11

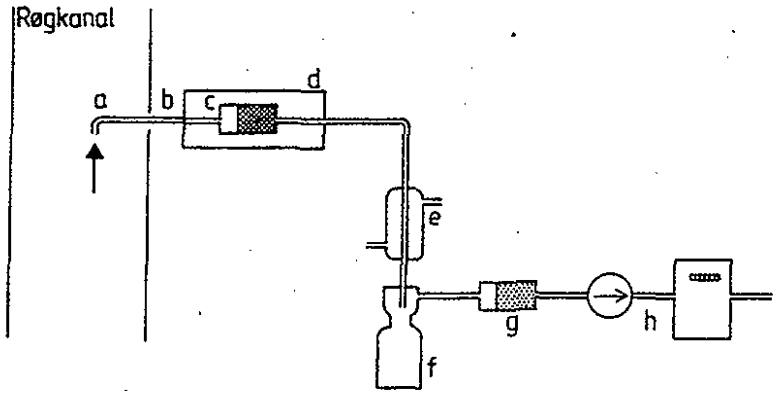
Årligt olieforbrug



Bilag 12

PRINCIPSKITSE AF UDSTYR FOR PRØVETAGNING AF

ORGANISKE MIKROFORURENINGER.



a. Sonde for isokinetisk udsugning
b. Glasrør
c. Kvartsuldsfilter i glasholder
d. Ovn, 120 °C
e. Køler
f. Kondensfraskiller
g. Adsorptionskolonne
h. Pumpe og gasmåler

dk-TEKNIK . GLADSAXE MØLLEVEJ 15 . 2860 SØBORG . TEL 39 69 65 11 . FAX 39 69 60 02

SIGN.: TWI

BILAG NR.: 13

Litteraturoversigt

Alexanderson, Anders mf: Exhaust gas from sea transportation.

Bloch, Niels: Peter, Grønært og Bukken Bruse.

Knak, Christen: Skibsmotorlære.

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 13/1996: Belysning af de miljømæssige fordele ved coastertransport.

Anordning angående politimyndighed for Søværnets skibe og luftfartøjer.

A Multivariate Statistical Analysis of Fuel-Related Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions from Heavy-Duty Diesel Vehicles. Westerholm,R.; Li, H. Environ. Sci. Technol. 1994, 28, 965-972.

Kgl.anordning nr. 437 af 31. 12. 1966 om afgrænsning af Søterritoriet.

Dansk Illustreret skibsliste 1994-97.

Dansk Elforsyning 1993-94.
Danske Elværkers forening.

Diverse brochurer fra MAN B&W.

Diverse brochurer fra New Sulzer Engines.

Diverse brochure fra Wärtsilä.

DSB´s fartplan 1994.

DSB´s Årsberetning 1994.

Einfluß der Abgasrückführung und des katalytischen Nachbrenners af die NO_x- und PAK-Gehalte der Abgase ein Dieselmotors. Kurki-Suinio, I; Välimäki, E; Harjunpää, H. Motortechnische Zeitschrift 49 1988 (31-35).

Fiskeriårbogen 1994.

Håndbog for maskinmestre.

Jahresbericht Nord-Ostsee-Kanal 1993-95.
Wasser und Schiffahrtsdirektion Nord.

Janes All the Worlds Fighting Ships 1993-94.
Lloyds Register: Marine Exhaust Emissions Research Programme.

Miljostyrelsen. Miljøprojekt nr. 285. 1995. Traffic PAH and Other Mutagens in Air in Denmark.

Mindre danske færger- før nu og i fremtiden.
Søfartsstyrelsen.

Modern Windships, Phase 1, Knud E. Hansen A/S

Nye færgetyper; Teknisk rapport.
Trafikministeriet.

RISØ. Traffic PAH and other large polutants in the Center of a Large City.
RISØ-R-787(EN). Feb. 1995.

Samfærdsel og turisme 1995:27.
Danmark Statistik.

Statistisk Årbog 1994-95.
Danmarks Statistik.

The Motorship (diverse numre).

Tidsskrift for søvæsen, nr. 4-94.

Transportsatistik 1995.
Danmarks Statistik.

Uddrag af FN's havretskonvention.

Åtgärder-Luftföroreninger från den marina sektorn.
Sjöfartsverket.

Ordforklaring

Akselgenerator: En aksel generator er en generator der trækkes fra skibets skruaksel enten vha. et rem eller geararrangement. Akselgeneratoren er energiøkonomisk idet der ikke skal være en selvstændig hjælpemotor til at drive denne. Til gengæld kan akselgeneratoren selvfølgelig kun levere el når skibets hovedmaskineri er i drift.

Bunkers: Brændstof.

Bunkre: Ombordtage brændstof.

BT: Bruttotons, udtryk for et skibs totale volumen.

cSt: Udtryk for en væskes viscositet.

Deplacement: Udtryk for vægten af den mængde vand et skib fortrænger. Bruges normalt til angivelse af vægten på krigskibe.

FO: Fuel Olie.

HFO: Heavy Fuel Oil, Olie med en viskositet på 180-500 cSt..

Hjælpemotor: Motor der trækker en generator der leverer el til skibets eget brug. Motor og generator betegnes sammen som et hjælpemotoragregat.

Hovedmotor: Motor der bruges til skibets fremdrivning.

Inertgas: Gas med ringe indhold af ilt (ca 8%). Bruges til at fylde i tomme tanke således at risikoen for en eksplosion af dampe fra gammel last undgås.

Knob: Hastighed, sømil per time, 1 knob er 1.852 km/time.

kWh: Kilowatttime, Energienhed.

MGO: Marine Gas Oil.

MW: Megawatt, udtryk for effekt.

NT: Nettotons, volumen af et skibs lastrum.

tdw: Tons dødvægt, udtryk for et skibs lasteevne inklusiv bunkers, fersvand, provisioner osv.

MCR: Maximum continous revolution, maksimal belastning en motor må arbejde ved i længere perioder.

RPM: Revolution per minute, omdrejninger per minut.

Specifikt brændstofforbrug: Udtryk for olieforbrug i gr eller kg/lWh.

Sømil: Afstand, 1,852 km.

TEU: Twenty feet Ekvivalent Unit, benyttes til at angive hvormange continere et givent skib kan medtage. Hvis det f.eks drejer sig om 400 TEU er der tale om 400 20 fods continere eller 200 40 fods.

Turbogenerator: Generator der drives af en dampturbine. Findes kun i skibe med dampanlæg.

ULCC: Ultra Large Crude Carrier, betegnelse for de største supertankere.

Viskositet: Udtryk for hvor "flydende" en olie er.

VLCC: Very Large Crude Carrier, Supertanker.

Registreringsblad

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen
Strandgade 29, 1401 København K

Serietitel, nr.: Miljøprojekt, nr. 367

Udgivelsesår: 1997

Titel:
Emissioner fra skibe i danske farvande 1995-1996

Undertitel:

Forfatter(e):
Wismann, Tom

Udførende institution(er):
dk-TEKNIK

Resumé:
Rapporten indeholder en registrering af røggasemissioner fra skibes motorer ved passage af og sejlads i dansk farvand.
Rapporten belyser emissionsforholdene omkring skibes udledning af faststof, NO_X, CO_2, CO, SO_2, TOC og PAH fra skibes hoved- og hjælpemotorer. Emissionerne er fordelt på 4 hovedgrupper af skibe: færger, handelsskibe, erhvervsfiskeskibe og lystfartøjer.

Emneord:
skibe; emissionsmængder; søfart; udstødningsgasser; olie; forbrug; kortlægning

ISBN: 87-7810-817-9

ISSN: 0105-3094

Pris (inkl. moms): 135 kr.

Format: A4

Sideantal: 101

Md./år for redaktionens afslutning: april 1997

Oplag: 500

Andre oplysninger:

Tryk: Stougaard Jensen/Scantryk A/S, København

Kan købes hos:
Miljøbutikken, tlf. 33379292 - telefax 33927690

Må citeres med kildeangivelse

Trykt på 100% genbrugspapir Cyclus

Miljøprojekt (Environmental Project)

Nr.

290 : Male Reproductive Health and Environmental Chemicals with Estrogenic Effects
291 : Introduktion til miljøvurdering af elektronikprodukter
292 : Mandlig reproduktion og kemiske stoffer med østrogenlignende effekter
293 : Fiskenes krav til vandløbenes fysiske forhold
294 : Miljøøkonomi for papir- og papkredsløb
295 : Renere teknologi i det kommunale miljøarbejde
296 : Projekt Planteværnsgrupper 1991-92
297 : Landbrugspolitik og miljøregulering - 1. delrapport
298 : Guidance Document for Risk Assessment of Industrial Waste Water
299 : Kunstig infiltration af overfladevand
300 : Polyurethane Foam without Ozone Depleting Substances
301 : Going towards Natural Refrigerants
302 : Ozonlagsnedbrydende stoffer og HFC - forbrug i 1994
303 : Udnyttelse af sekundavand i hovedstadsregionen
304 : Brancheanalyse beton - renere teknologi ved betonfremstilling
305 : Renere teknologi i renseribranchen
306 : Environmental Exposure Assessment of Chemicals
307 : Evaluation of the SimpleBox Model for Danish Conditions
308 : Fate Model for Organic Chemicals in Sewage Treatment Plants
309 : Implementation of Model for Atmospheric Transport of Chemicals
310 : Modelling of Leaching of Pesticides - PESTLA and MACRO
311 : Surface Water Model for Pesticides - SLOOTBOX
312 : Going towards Natural Fire Extinguishants
313 : Environmental Aspects of PVC
314 : Bathing Water - Microbiological Control
315 : Kvælstofbalance og -tab ved udendørs sohold
316 : Bacillus thuringiensis
317 : Oversigt over renere teknologi i fiskeindustrien
318 : Massestrømsanalyse for nikkel
319 : Retningslinier for udvikling af bæredygtig elektronik
320 : Massestrømsanalyse for phthalater
321 : Landbrugspolitik og miljøregulering - 2. delrapport
322 : Impact of Regulation on the Development of Biotechnology
323 : Massestrømsanalyse for kobber
324 : Genoverførsel mellem bakterier
325 : Miljøfremmede stoffer i spildevand og slam
326 : Miljøstyret bygningsdrift i boligselskaber
327 : Massestrømsanalyse for bly
328 : Anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål
329 : Arsenudsivning fra træ behandlet med træbeskyttelsesmidler
330 : Chlorerede opløsningsmidler i den mættede zone
331 : Integration af renere teknologi i miljøsagsbehandlingen

Nr.

332 : Værktøj til evaluering af virksomheders miljøpræstation
333 : Erfaringer fra formidlingsprojektet "Entreprenørens Miljøguide"
334 : Status for produktion og disponering af restprodukter og jord
335 : Multigeneration Growth Inhibition Test on the Ciliate Tetrahymena
336 : Methods for Screening Anaerobic Biodegradability and Toxicity of Organic Chemicals
337 : Activated Sludge Biodegradability Simulation Test
338 : Miljøvenlige komfurer og ovne
339 : VOC-reduktion i grafisk industri
340 : Test af glasindsamling med farveseparering
341 : Miljøeffekter og ressourceforbrug for 3 grafiske produkter i et livscyklusperspektiv
342 : Ozonlagsnedbrydende stoffer og visse drivhusgasser - 1995
343 : Affaldsstruktur i 6 EU-lande
344 : Massestrømsanalyse for kviksølv
345 : Miljømæssig screening af emballager til mælk
346 : Modelling of Herbicide Use in Genetically Modified Herbicide Resistant Crops - 1
347 : Miljøvurdering i byfornyelsen
348 : Metoder til reduceret kemikalieanvendelse i skov
349 : Survey of the Content of Heavy Metal in Packagings on the Danish Market
350 : Industry Analysis, Concrete - Cleaner Technology in Concrete Production
351 : Hygiejniske aspekter ved behandling og genanvendelse af organisk affald
352 : Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra vejtrafik
353 : Mekanisk renholdelse af kulturer plantet på agerjord
354 : Medarbejderdeltagelse ved indførelse af renere teknologi
355 : Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer
356 : AMAP Greenland 1994-1996
357 : Miljøfremmede stoffer i husholdningsspildevand
358 : Fyring med biomassebaserede restprodukter
359 : Jorddækning som alternativ til kemisk ukrudtskontrol
360 : Nøgletal for afløbssystemer
361 : Forekomst af antibiotikaresistente bakterier i akvatiske miljøer
362 . Regulering af uønsket vegetation i pyntegrøntskultur ved afgræsning med får
363 : Herbicide Resistant Crops and Impact of their Use
364 : Establishment and Survival of Bacteria in Soil
365 : Insekticidreduktion ved bekæmpelse af nåletræsnudebillen
366 : Use of Waste Products in Agriculture
367 : Emissioner fra skibe i danske farvande 1995-1996

Emissioner fra skibe i danske farvande 1995-1996

Rapporten indeholder en registrering af røggasemissioner fra skibes motorer ved passage af og sejlads i dansk farvand. Rapporten belyser emissionsforholdene omkring skibes udledning af faststof, NO_X, CO_2, CO, SO_2, TOC og PAH fra skibes hoved- og hjælpemotorer. Emissionerne er fordelt på 4 hovedgrupper af skibe: færger, handelsskibe, erhvervsfiskeskibe og lystfartøjer.

Pris kr. 135,- (inkl. 25% moms)

ISSN nr. 0105-3094
ISBN nr. 87-7810-817-9

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00