

Energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark 1995/96 og 1999/2000

Tom Wismann
dk-TEKNIK, Energi & Miljø

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden 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

SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 INDLEDNING	15
2 SKIBSTRAFIKKEN I FARVANDENE OMKRING DANMARK	17
2.1 Udvikling i færgefarten	17
3 EMISSIONER FRA SKIBE	19
3.1 Generelle forhold	19
3.2 Miljøparametre	19
3.2.1 Faststof	19
3.2.2 Kvælstofforbindelser (NO_x)	19
3.2.3 Kuldioxid (CO_2)	20
3.2.4 Kulmonoxid (CO)	20
3.2.5 Svovlforbindelser (SO_2)	20
3.2.6 Polycykliske aromatiske kulbrinter (PAH)	20
3.2.7 Måling af PAH	21
3.2.8 Spormetaller	23
4 MASKINANLÆG	25
4.1 Hovedmaskineri	25
4.1.1 Dieselmotorer	25
4.1.2 Dampmaskiner	25
4.1.3 Gasturbiner	26
4.1.4 Atomreaktoranlæg	27
4.2 Hjælpmaskineri	27
4.2.1 Hjælpmaskineriets brændstofforbrug	28
5 OLIEKVALITETER	29
5.1 Oliekvaliteter generelt	29
5.2 Fuelolie	30
5.3 Gasolie	30
5.4 Oliekvaliteter/skibstyper	30
5.5 Indkøb af bunkers	30
5.6 Priser	31
6 INTERNATIONALE KONVENTIONER	33
6.1 MARPOL / IMO	33

7	DANSK FARVAND	35
7.1	Hvad er dansk farvand	35
8	SKIBSTRAFIKKEN PÅ DANSKE HAVNE	37
8.1	Havne	37
8.2	Havneanløb	37
8.3	Lloyds Maritime Information Services (LMIS)	38
8.4	Trafikken til og fra EU havne	38
8.5	LMIS skibstyper	39
9	BEREGNINGER OG RESULTATER	41
9.1	Beregningsmodel TEMA 2000 vedr. handelsskibe og færge	41
9.1.1	Skibstyper	41
9.1.2	Beregningsmetode	41
9.1.3	Emissionsberegninger	42
9.1.4	CO ₂ emissioner	43
9.1.5	NO _x emissioner	43
9.1.6	Svovlemissioner	43
9.1.7	HC og CO emissioner	44
9.1.8	Emissionsfaktorer og data benyttet i TEMA 2000	44
9.1.9	Emissionsfaktorer i data benyttet i TEMA 2000	44
9.2	Beregning af emissioner fra erhvervsfiskeskibe	45
9.3	Beregning af emissioner fra fritidsfartøjer	46
9.4	Farvandsområde	46
9.5	Brændstofforbrug	46
9.6	Resultater – Energiforbrug og emissioner fra færger	47
9.6.1	Energiforbrug og emissioner fra hurtigfærger	48
9.6.2	Energiforbrug og emissioner fra konventionelle færger	49
9.6.3	Energiforbrug og emissioner fra ø-færger	51
9.6.4	Samlet opgørelse af energiforbrug og emissioner fra færger	52
9.6.5	Udsejlet distance	55
9.6.6	Antal færgeafgange	55
9.7	Resultater – Energiforbrug og emissioner fra handelsskibe	55
9.7.1	Forudsætninger	55
9.7.2	Handelsskibsbevægelser i år 1999	56
9.7.3	Energiforbrug og emissioner fra handelsskibe 1999	57
9.8	Resultater – Energiforbrug og emissioner fra fiskeskibe	57
9.9	Resultater – Energiforbrug og emissioner fra fritidsfartøjer	58
9.10	Resultater - Samlet opgørelse over energiforbrug og emissioner fra skibe 1999/2000	59
9.11	Handelsskibsbevægelser i 1995	60
9.11.1	Energiforbrug og emissioner fra handelsskibe 1995 og 1999 beregnet ud fra forudsætninger gældende ved databasesøgning i 1995	60
10.	OVERSIGT OVER EMISSIONER	63
11	AFSLUTNING	65

12 LITTERATURLISTE	67
13 ORDFORKLARING	69
14 BILAGSOVERSIGT	71

SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER

Dette projekt belyser udviklingen i energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark i perioden 1995/1996 og 1999/2000.

Farvandene omkring Danmark er i denne sammenhæng farvandet mellem den 6. og 16. længdegrad og begrænset i nord syd af Norge-Holland og Sverige-Polen.

Beregningerne er opdelt på 4 hovedgrupper af skibe: Færger, øvrige handelsskibe, fiskefartøjer og lystfartøjer. Indenfor kategorien af færger er der foretaget beregninger for hurtigfærger, konventionelle færger og ø-færger.

De skibstekniske beregninger i rapporten er foretaget med Trafikministeriets beregningsmodel TEMA 2000, som er et værktøj til beregning af transporters emissioner.

Der er tale om ganske omfattende beregninger, hvilket kan illustreres af, at færger i fast fart på danske havne har ca. 700.000 årlige enkeltafgange, og udsejler en distance på ca. 8.500.000 km. Øvrige handelsskibe repræsenteres af 145.000 skibsbevægelser, fra og til 7.200 destinationer, hvilket resulterer i 28.000 forskellige ruter, med en udsejlet distance på ca. 74.000.000 kilometer.

1999/2000

Parameter	Enhed	Færger	Handelsskibe	Erhvervs-fiskefartøjer	Fritids.fartøjer
Energiforbrug	PJ/år	18,8	82,0	7,6	0,2
SO ₂	ton/år	6.160	127.000	370	60
CO ₂	ton/år	1.400.000	6.400.000	560.000	11.000
CO	ton/år	2.980	18.000	1.400	2.000
HC	ton/år	1.040	6.000	440	810
NO _x	ton/år	24.000	202.000	9.700	40
PM 10	ton/år	470	16.000	200	30

Energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark 1999/2000

I nedenstående tabel vises det samlede energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark.

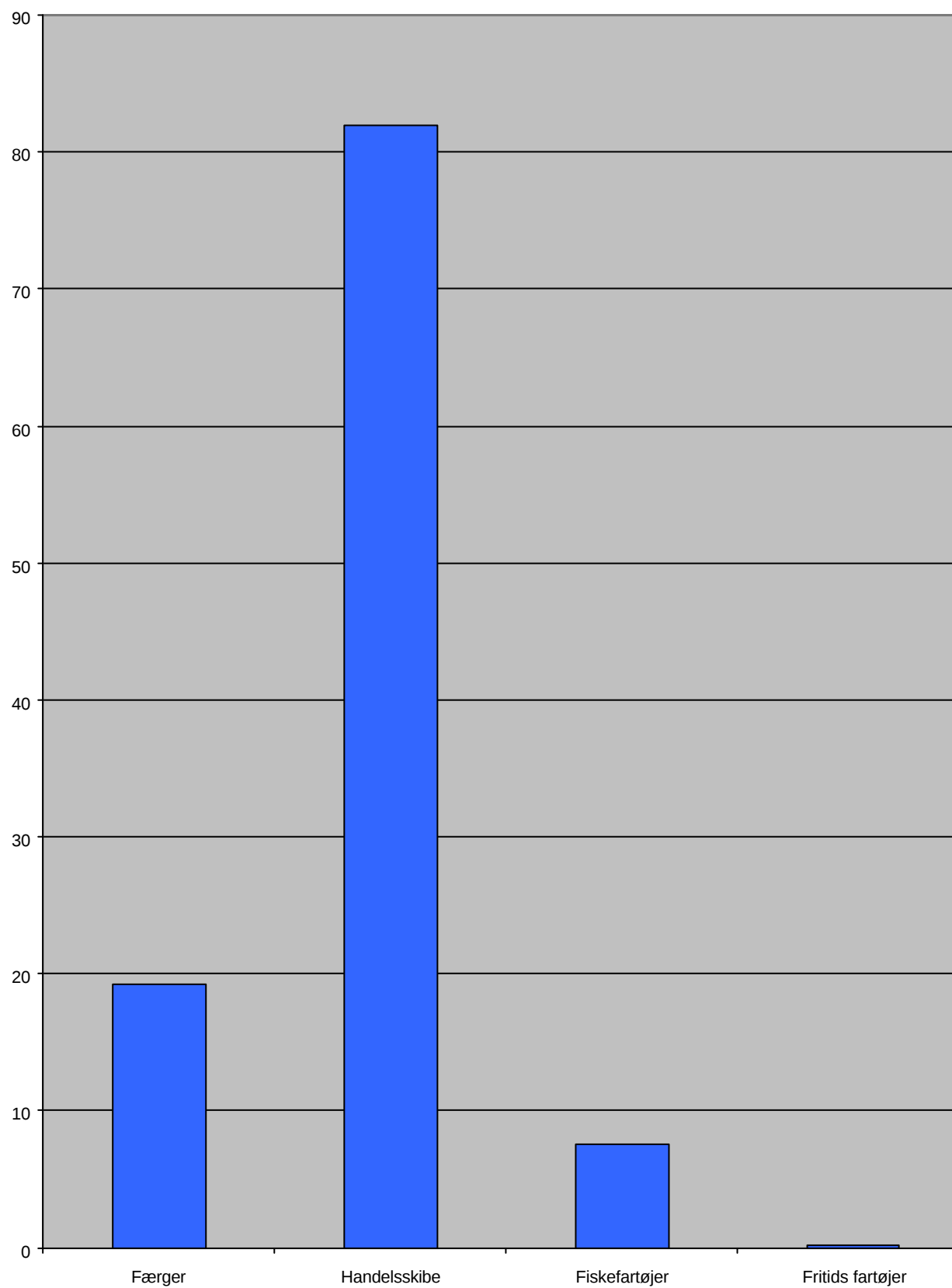
1999/2000

Parameter	Enhed	Sum
Energiforbrug	PJ/år	108
SO ₂	ton/år	133.000
CO ₂	ton/år	8.400.000
CO	ton/år	24.000
HC	ton/år	8.300
NO _x	ton/år	236.000
PM 10	ton/år	17.000

Energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark 1999/2000

Energiforbrug 1999/2000

PJ/år



1995/1996

Parameter	Enhed	Færger	Handelsskibe *	Erhvervs- fiskefartøjer	Fritids- fartøjer
Energiforbrug	PJ/år	27,5	-----	6,9	0,2
SO ₂	ton/år	7.210	-----	340	2.000
CO ₂	ton/år	2.100.000	-----	513.000	11.000
CO	ton/år	4.880	-----	1.300	2.000
HC	ton/år	1.620	-----	405	810
NO _x	ton/år	37.400	-----	8.900	41
PM 10	ton/år	900	-----	186	30

Energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark 1995/1996

* Det har ikke været muligt at foretage direkte sammenligninger vedrørende energiforbrug og emissioner vedrørende handelsskibe fra 1995 til 1999, da kriterier for databasesøgninger ikke har været ens. I afsnit 9.7.5 er der foretaget sammenligninger ud fra de i 1995 gældende kriterier for handelsskibe. Disse beregninger indikerer, at der har været en betydelig stigning i handelsskibstrafikken.

Af ovenstående ses, at energiforbrug og emissioner fra færger er reduceret med ca. 30% i perioden fra 1996-2000. Dette skyldes, at der i perioden er åbnet broer over Store Bælt og Øresund. Alene Store Bæltsbroen reducerede antallet af færgeafgange med 60.000 årlige afgange med store færger.

For erhvervsfiskefartøjer og fritidsfartøjer er emissioner i 1995 og 1999 på niveau.

Energiforbrug og emissioner fra handelsskibe udgør i 1999 ca. 75% af det totale energiforbrug og miljø udledninger fra skibsfarten.

Det er af største vigtighed, at man holder sig for øje, at de beregnede energiforbrug og udledte emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark ikke alene kan tilskrives danske aktiviteter, men stammer fra skibe og færger fra alverdens lande, der besejler dansk farvand.



Færgen "Prins Richard".

Færgen er én af 4 i drift på ruten Rødby-Putgarten, hvilket er en af de største færgeruter i år 2000 med ca. 34.000 årlige afgang.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

This project evaluates the development in energy consumption and emissions from shipping in the waters surrounding Denmark in the period 1995-2000.

Ferries are related to the years 1996 and 2000, other groups of ships to 1995 and 1999.

The waters surrounding Denmark are in this context defined as the waters between the 6th and 16th eastern longitudinal, with north/south boundary on Norway-Holland, and Sweden-Poland.

The calculations have been done for 4 major groups of ships: Ferries, Merchant Vessels, Fishing Vessels and Leisure Crafts. The ferry group is divided into 3 subgroups each representing Fast ferries, Conventional ferries and Island ferries.

The calculations were done using the Ministry of Traffics TEMA 2000 model. This model calculates energy consumption and emissions from different kinds of transportation.

The calculations is quite extensive, illustrated by the fact that ferries calls at Danish harbours approximately 700.000 times a year, travelling a distance of approx. 8.500.000 kilometres. Other merchant vessels are represented by 145.000 ships movements, from 7.200 destinations, resulting in 28.000 different routes, covering a distance of approx. 74.000.000 kilometres.

1999/2000

Parameter	Unit	Ferries	Merchant Vessels	Fishing Vessels	Leisure Crafts *
Energy consumption	PJ/year	18.8	82.0	7.6	0.2
SO ₂	ton/year	6,160	127,000	370	60
CO ₂	ton/year	1,400,000	6,400,000	560,000	11,000
CO	ton/year	2,980	18,000	1,400	2,000
HC	ton/year	1,040	6,000	440	810
NO _x	ton/year	24,000	202,000	9,700	40
PM 10	ton/year	470	16,000	200	30

Energy consumption and emissions from shipping in the waters surrounding Denmark 1999/2000

The following table shows the total energy consumption and emissions from ships operating in the waters surrounding Denmark.

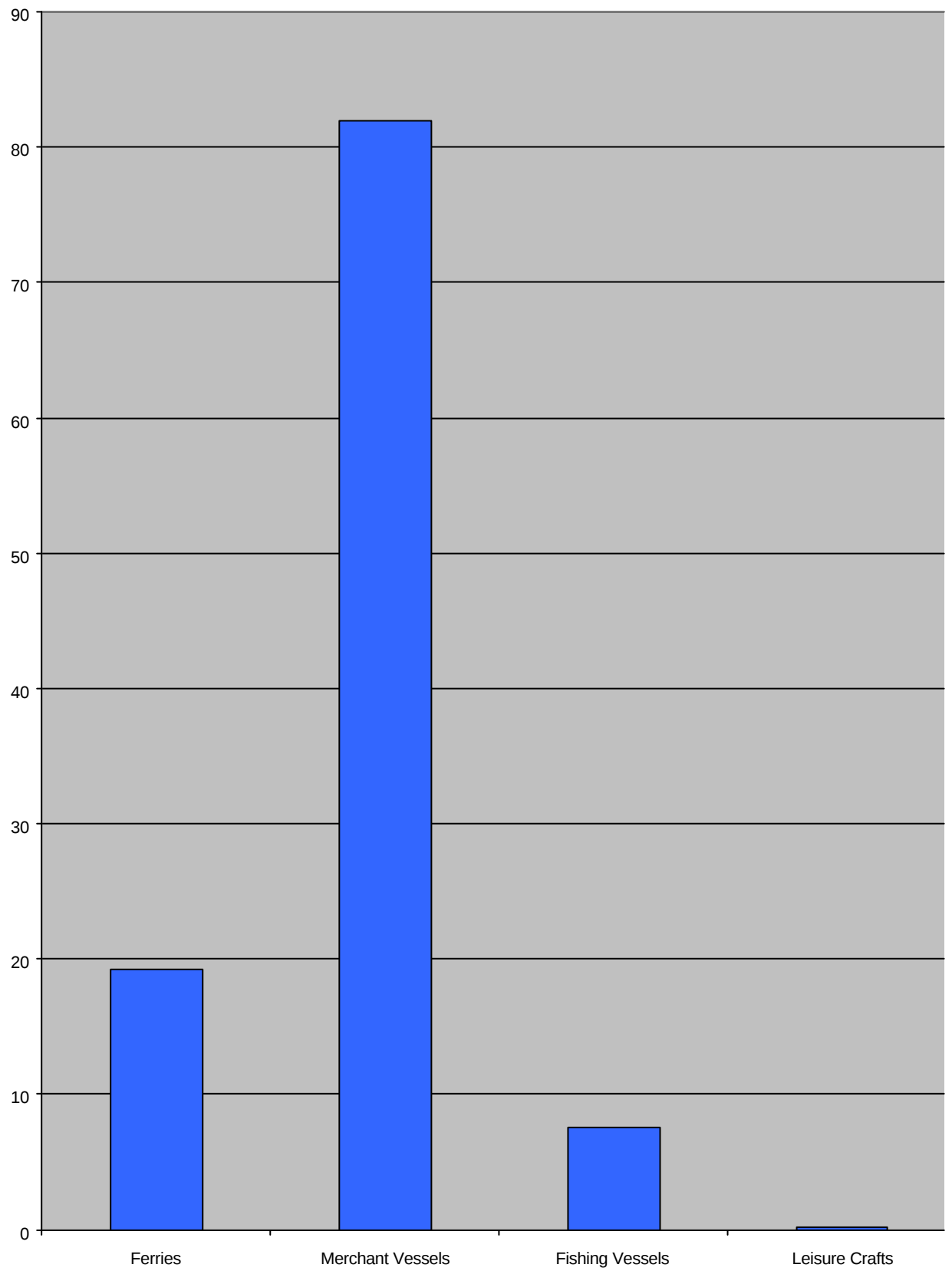
1999/2000

Parameter	Enhed	Sum
Energy consumption	PJ/år	108
SO ₂	ton/år	133.000
CO ₂	ton/år	8.400.000
CO	ton/år	24.000
HC	ton/år	8.300
NO _x	ton/år	236.000
PM 10	ton/år	17.000

Energy consumption and emissions from shipping in the waters surrounding Denmark 1999/2000.

Energy consumption 1999/2000

PJ/year



1995/1996

Parameter	Unit	Ferries	Merchant Vessels *	Fishing Vessels	Leisure Crafts
Energy consumption	PJ/year	27.5	-----	6.9	0.2
SO ₂	ton/year	7,210	-----	340	2,000
CO ₂	ton/year	2,100,000	-----	513,000	11,000
CO	ton/year	4,880	-----	1,300	2,000
HC	ton/year	1,620	-----	405	810
NO _x	ton/year	37,400	-----	8,900	41
PM 10	ton/year	900	-----	186	30

Energy consumption and emissions from shipping in the waters surrounding Denmark 1995/1996

* It has not been possible to make a direct comparison of energy consumption and emissions from merchant vessels in the two periods, due to inconsistency in the database search. In paragraph 9.7.5 a comparison between the merchant vessels values from 1995 and 2000 has been made according to the criteria's on which the database search was made in 1995. These calculations indicate that there has been a considerable rise in merchant vessel traffic.

The tables above show, that there has been a reduction of approx. 30% in energy consumption and emissions from ferries in the period 1996-2000.

This is the result of the building of 2 major bridges, spanning the Great Belt and The Sound. The Great Belt Bridge alone resulted in the reduction of 60.000 ferry departures, by major ferries, on this route.

The energy consumption and emissions from fishing vessel and leisure craft has not changed significantly in the period.

Merchant Vessels are the major contributor to energy consumption and emissions, counting 75% of the total from ships in Danish waters in 1999.

It is of the outmost importance, to keep in mind, that the energy consumption and emissions calculated in this report, is not only related to Danish shipping, but also to ships coming from countries all over the world.



The ferry "Prins Richard".

The ferry is one of 4 operating on the route Rødby-Putgarten between Denmark and Germany. This is one of the major routes in Denmark with more than 34.000 yearly departures.

1 INDLEDNING

Denne rapport er en opfølgning på Miljøprojekt nr. 367/97, hvori emissionerne fra skibe i danske farvande i 1995/96 blev beskrevet. Rapporten er udarbejdet for og finansieret af Miljøstyrelsen.

I Miljøprojekt nr. 367/97 blev emissioner, for de fleste skibskategoriens vedkommende, beregnet ud fra ansat energiforbrug og en beregnet udsejlet distance.

Det har været et ønske fra Miljøstyrelsens side, at der fremkom aktuelle tal for energiforbrug og emissioner fra skibe, samt mulighed for at se udviklingen fra 1995 til 2000.

Trafikministeriet har i maj 2000 udgivet en beregningsmodel, TEMA 2000, til beregning af transporters energiforbrug. Det var derfor nærliggende, at lade denne model danne grundlag for de skibstekniske beregninger i denne rapport. Det har imidlertid krævet, at data fra miljøprojekt nr. 367/97 rekalkuleres i TEMA2000 modellen, for at forudsætningerne for beregningerne i 1995/96 og 1999/2000 er ens.

Beregningerne resulterer i værdier for energiforbrug og udledninger af emissioner af SO_2 , CO_2 , CO , HC , NO_x og PM_{10} (partikler), for færger, øvrige handelsskibe, fiskefartøjer og fritidsfartøjer. I rapporten foretages beregninger af den udsejlede distance indenfor kategorierne øvrige handelsskibe og færger. For færger angives også antallet af færgeafgange på de enkelte ruter.



Super containerskibet "A.P. Møller"

Skibet er et af verdens største og mest avancerede containerskibe med en lasteevne på 6.600 TEUs. Skibet er 347 meter langt, 43 meter bredt og har en dybgang på 14,5 meter. Fremdrivningsmaskineriet består af en 12 cylindret B&W motor, der udvikler 61.000 kW, hvilket giver skibet en servicefart på 25 knob.

Den vanskeligste del af beregningerne er beregninger af energiforbrug og emissioner fra øvrige handelsskibe (eksl. færger), da der er tale om 145.000 skibsbevægelser imellem et stort antal havne samt transittrafik. Data for de enkelte skibe, såsom præcis udsejlet distance, hastighed, lastkondition og benyttet brændstofkvalitet er ukendt. Det er derfor nødvendigt at foretage nogle kvalificerede antagelser, som der så regnes ud fra.

I afsnit 10 vises en oversigt over nogle emissioner fra skibsfarten i farvandene omkring Danmark, fra transportsektoren bil-bane-fly og de samlede danske udledninger.

Beregningerne af emissioner fra handelsskibe skal vurderes ud fra de forholdsvis mange ubekendte, der indgår i disse beregninger.



Ø-færgen "Endelave"

Færgen er bygget i 1996 og en af de nye ø-færger, der er bygget igennem de seneste år til betjening af de danske småøer.

Færgen kan medføre 246 passagerer og 22 personbiler.

2 SKIBSTRAFIKKEN I DANSKE FARVANDE

Skibstrafikken i farvandene omkring Danmark er meget intens. Der er heftig trafik af handelsskibe, og der er megen trafik til og fra den østlige Østersø. Udover handelsskibene er der et stort antal færges i fart mellem havne i Danmark og havne i omliggende lande.

Danmark har også en stor fiskeflåde, der opererer såvel i de indre farvande som langt fra Danmarks kyster. I sommerhalvåret er der endvidere livlig trafik af danske og udenlandske lystfartøjer.

Med hensyn til trafikken igennem de danske stræder Store Bælt, Lille Bælt og Øresund har der i perioden 1995 til 1998 været en vis udvikling, idet trafikken i Øresund er øget med ca. 20%, trafikken i Store Bælt er ens i de 2 perioder, og trafikken i Lille Bælt er lidt reduceret.

Sted	Antal passager nord og sydgående 1995	Antal passager nord og sydgående 1999
Øresund	33.000	41.000
Store Bælt	18.000	18.000
Lille Bælt	4.300	3.200

Trafikken igennem de danske stræder.

Der har i perioden været en forøgelse på ca. 20% af trafikken igennem Øresund og en reduktion på ca. 25% af trafikken gennem Lille Bælt. Trafikken igennem Store Bælt er ens i de 2 perioder.

2.1 Udviklingen i færgefarten 1995-2000

Den største forandring i skibstrafikken har fundet sted indenfor færgefarten på grund af åbningen af broerne over Store Bælt og Øresund. Dette har betydet, at de meget væsentlige overfarter på Store Bælt er blevet nedlagt. Der var tale om færgeruter, der havde stor betydning for det samlede energiforbrug og den udledte mængde af emissioner. På Store Bælt var der 3 færgeruter, Scandlines togfærges, Vognmandsruten og Scandlines bilfærges, hvor alle 3 ruter blev betjent af store færges med ca. 60.000 årlige afgange.

På Øresund er trafikken ikke ændret på samme måde som på Store Bælt, idet Øresundsbroen hovedsageligt har påvirket bilfærgerne mellem Dragør og Sverige samt flyvebådsruterne imellem København og Sverige. Disse ruter har slet ikke samme tyngde som ruterne på Store Bælt.

Med hensyn til hurtigfærges er der sket justeringer, idet farten på Kattegat er ændret fra 4-5 færges i drift imellem Odden-Ebeltoft og Kalundborg-Århus til 3 færges imellem Odden-Ebeltoft og Odden-Århus.

Hurtigruten mellem Gedser-Rostock er nedlagt, og denne rute besejles i 2000 af konventionelle færges.

I år 2000 er der åbnet en ny hurtigfærgerute imellem Rønne-Ystad.

Udover de nævnte ændringer af ruter er der i perioden sket en væsentlig modernisering af meget af tonnagen af ø-færger. Der er kommet nye færger på bl.a. følgende ruter: Esbjerg-Fanø, ruterne til Samsø, flere ruter til Ærø, til Aarø, til Femø og til Læsø for blot at nævne nogle.

Som det ser ud i efteråret 2000, er færgefarten ved at komme ind i en stabil periode, og markedet er ved at falde til ro efter de væsentlige ændringer i forbindelse med åbningen af Store Bælts- og Øresundsbroen.



Heavylift skibet Annegret.

Mangfoldigheden af skibstyper i danske farvande er stor. Annegret er beregnet til transport af tungt og omfangsrigt gods. På billedet her kunne det se ud til, at lasten udgøres af en sending vindmølleårer.

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 hjælpemaskineri. Fremdrivningsmaskineriet ombord i dagens skibe består i den alt overvejende grad af dieselmotorer.

Fra skibets maskineri emitteres hovedsageligt følgende komponenter, som følge af forbrænding af fossile brændsler: Faststof (støvpartikler), kvælstofilter (NO_x), kuldioxid (CO_2), kulmonoxid. (CO), svovldioxid (SO_2), en række af uforbrændte kulstofforbindelser benævnt TOC (Total Organic Carbon) og Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner (PAH).

3.2 Miljøparametre

3.2.1 Faststof

Faststof emitteret fra en motor består hovedsagelig af uforbrændte kulstofforbindelser og aske (ikke brændbare komponenter i brændstoffet). 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 spormetaller 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%. De resterende kvælstofilter, der dannes, optræder som NO og er som sådan relativt 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 ud fra 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/temperaturforhold 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 Kuldiioxid (CO₂)

Kuldiioxid (CO₂) dannes i forholdsvis store mængder ved alle former for forbrændingsprocesser. CO₂ er ikke i sig selv skadeligt, men indgår i rækken af de såkaldte drivhusgasser, der bidrager til opvarmning af planeten, idet en øget koncentration af CO₂ 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 centralnervesystemet og kan medføre forgiftninger. Ved større koncentrationer, f.eks. i lukkede rum, er kulmonoxid dødelig. Mængden af CO er en god indikator for forbrændingseffektiviteten.

3.2.5 Svovlforbindelser (SO₂-SO₃)

De svovlforbindelser, der kommer fra skibes motorer, stammer alene fra svovlindholdet i brændstoffet. Den altovervejende del udgøres af svovldiioxid (SO₂) og en mindre mængde af svovltrioxid (SO₃).

SO₂ er en væsentlig årsag til forsurening af søer, vandløb og jord. SO₂ er sundhedsskadeligt, specielt kan astmapatienter og mennesker med vejtræknings problemer blive generet. Emission af SO₂ 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 kræftfremkaldende), og andre ifølge 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.



Færgen "Jacob Hardeshøj".
Færgen er en af de ældste i drift i Danmark og bygget i 1954.

Oxidationskatalysatorer til dieselmotorer er i Miljøprojekt nr. 285 fundet 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 finder en klar sammenhæng mellem dieselbrændstoffets 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 partikelemmissionen vil medføre reduktion af PAH-emissionen.

Der findes kun få undersøgelser af PAH- og N-PAH-emissionen fra marine dieselmotorer. Lloyds angiver, 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 , med en middelværdi på 170 ± 100 . Ved undersøgelsen indgik 8 forskellige typer dieselbrændstoffer.

3.2.7 Målinger af PAH

Der blev i Miljøprojekt nr. 367/1997 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.

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 havnens molehoveder 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.

I nedenstående 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.

	Lloyds my. gr/m ³	dk-TEKNIK Serie 1 my. gr/m ³	dk-TEKNIK Serie 2 my. gr/m ³
Antracene	0,36	4,1	5,2
Fluoranthene	4,8	4,2	6,9
Pyrene	4,8	10,0	15,1
Benzo(b)fluorene	4,4	0,9	1,4
Chrysene	1,9	4,1	5,7
Benzo(e)pyrene	2,1	0,4	1,0
Perylene	< 0,08	< 0,06	< 0,1
Benzo(a)pyrene	0,02	< 0,08	< 0,7
Dibenso(a,i)antracene	< 0,2	< 0,04	< 0,7
Dibenso(a,l)pyrene	< 0,1	< 0,09	< 0,3
Benzo(g,h,i)perylene	< 0,06	< 0,2	0,9
Dibenso(a,h)antracene	< 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

	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 Spormetaller

Spormetaller, 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 spormetaller.

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

Der kan dog være et tillæg, idet spormetaller 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 selvhjulpent 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 er, undtaget atomreaktoranlæg, 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 udgør den altovervejende del af hovedmaskineriet ombord i dagens skibe. Der skelnes mellem 2 hovedtyper af dieselmotorer, 2- og 4-taktmotorer. Totaktmotorerne betegnes også som langsomtgående motorer, og firetaktsmotorerne findes som medium og high speed 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&W12L98). 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 en dyr og forholdsvis kompliceret maskinkomponent. Langsomtgående motorer har typisk en omdrejningshastighed på ca. 65-150 omdr./min. Som brændstof benyttes fuelolie, og det typiske specifikke brændstofforbrug er på 0,17 kg/kWh.

Medium og high speed motorer benyttes hovedsageligt i færger, mindre handelsskibe, krigsskibe 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 100-3000 omdr./min. Som brændstof benyttes fuelolie, dieselolie eller gasolie, og det typiske brændstofforbrug ligger på 0,19 kg/kWh for medium speed og 0,20 kg/kWh for high speed.

4.1.2 Dampmaskiner

Dampmaskineanlæg ombord i skibe er ved at være en saga blot. De findes stadig, om end i et begrænset antal, ombord i handels- og krigsskibe. Dampmaskineanlæg er i hovedbestanddelene identiske med kraftværksanlæg dog med den forskel, at turbinen ikke trækker en generator, men skibets

propeller. Turbineanlægget tilføres damp fra en eller flere kedler. 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 har gasturbiner vundet indpas, og senest er der blevet installeret gasturbineanlæg i nogle enkelte krydstogtskibe – en tendens der formodentlig vil fortsætte i de kommende år.

En af fordelene 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 hastigheder. Gasturbinen optager endvidere forholdsvis begrænset plads, hvilket er af stor betydning i de nævnte skibstyper. Gasturbiners emission (pr. kWh) af NO_x er væsentlig lavere end en dieselmotors. Dette skyldes, at der i en dieselmotors forbrændingsrum er ugunstige fysiske forhold (tryk og temperatur), hvis NO_x -dannelsen ønskes holdt på et lavt niveau. Da en gasturbine generelt har den højeste virkningsgrad ved høj last, ses gasturbineanlæg i krigsskibe udført i et stort antal konfigurationer. Der kan være tale om en eller flere gasturbiner (op til 4) 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 anlæg.



Hurtigfærgen "Mai Mols".

Færgen er bygget i 1996 og i fart på ruten odden-Ebeltoft.

"Mai" har 2 General Electric gasturbiner, der tilsammen udvikler 24.800 kW, hvilket resulterer i en service fart på ca. 44 knob.

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. 240 gram/kWtime. Det specifikke brændstofforbrug er i de fleste tilfælde højere end for dieselmotorer.

4.1.4 Atomreaktoranlæg

Reaktor anlæg benyttes hovedsageligt i ubåde, i enkelte overfalde krigsskibe og i nogle få 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.

Reaktor anlæg er i princippet, og kort fortalt, et damp turbine anlæg, hvor dampen produceres af en atom reaktor og ikke som ellers af en kedel. Fordelene ved reaktor anlæg er, at der i praksis næsten er ubegrænset energi til rådighed. F.eks. yder fremdrivnings anlægget 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 atom reaktor anlæg installeret i ca. 15 store overflade krigsskibe (hangarskibe og enkelte andre).

Der, hvor reaktor anlæggene benyttes mest, er ombord i ubåde (ca. 295 på verdensplan), idet et reaktor anlæg ikke er afhængig af atmosfærens ilt til forbrænding, da energien til damp fremstilling fremkommer ved atom spaltning.

Som tidligere nævnt er fordelene, 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. Sikkerheds foranstaltningerne er ekstreme, og der er stort behov for højt uddannede specialister til at betjene disse anlæg. Endvidere er hele problematikken omkring bortskaffelse af brugte reaktorer og brugt reaktor brændsel ikke løst på en tilfredsstillende måde. Reaktor anlæg kunne ellers udfra visse miljøanskuelsesvinkler synes attraktive, idet de ikke medvirker til direkte forurening af atmosfæren, da de ikke benytter fossilt brændsel som brændstof. Således er der ingen emission af CO₂ eller NO_x fra et reaktor anlæg.

Reaktor anlæg synes ikke i den umiddelbare fremtid at ville vinde indpas i civile skibe, da anskaffelses- og driftsomkostninger ikke er rentable udfra rent økonomiske betragtninger. Endvidere er der ikke nogen tilfredsstillende løsning på opbevaring af brugte radioaktive brændselselementer.

4.2 Hjælpemaskineri

Et skibs hjælpemaskineri består af et stort antal maskiner og aggregater. Ombord produceres elektrisk energi til eget brug, ved at en dieselmotor, damp turbine eller gasturbine driver en generator. Der er normalt installeret

2-5 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. Hjelpekedlen 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 hjælpermaskineriet et stort antal pumper, kompressorer, køleanlæg, air conditionering, ventilation m.m.

4.2.1 Hjælpermaskineriets brændstofforbrug

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

Hjælpermaskineriets 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 krydstogtskibe med store air conditioneringsanlæg og et meget stort antal lystarmaturer, kan nævnes som typiske skibe med stort elforbrug.

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

Type	Effekt kW	MWh/år	Olieforbrug FO, t/år	Olieforbrug DO, t/år
Containerskib 4000 TEU	6.200	6.500	1.600	10
Containerskib 1300 TEU	2.800	6.000	1.600	10
Bulkcarrier 70.000 tdw	1.800	3.100	500	300
Supertanker 300.000 tdw	3.000	5.900	1.400	60
Tanker 50.000 tdw	1.500	3.300	900	100

Hjælpermaskineriets forbrugT.

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



Ø-færgen "Aarø", bygget i 1999.

5 OLIEKVALITETER

5.1 Oliekvaliteter generelt

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

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

Densitet
Farve
Viskositet
Uklarheds- og flydepunkt
Flammepunkt
Antændelsespunkt
Selvantændelsespunkt
Destillationskendingstal
Brændværdi
Svovl- og vanadiumindhold
Vand- og askeindhold
Cetantal

Der er rig mulighed for at få forskellige oliequalityter, 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 vanskeligt altid at få den samme kvalitet, selv om der fra gang til gang bestilles efter samme specifikation f.eks. RMH 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 en blanding af mange oliequalityter. 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.

De tungere oliefraktioner, der bliver tilbage efter produktion af bl.a. gasolie, petroleum og benzin, kan benyttes som bunkers, eventuelt efter blanding i skibets hovedmotorer. Specielt er der i store langsomtgående motorer mulighed for forbrænding af lav kvalitetsolier.

5.2 Fuelolie

Fuelolie er en generel benævnelse for en lang række brændstofkvaliteter. Der er tale om tungere olier, d.v.s. olier med en høj eller højere viskositet. 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 fuelolierne, være store kvalitetsforskelle.

Det er indenfor gasolier, at de bedste oliequalityiteter findes. Gasolierne har typisk et lavt eller meget lavt svovlindhold. Miljødiesel har således et svovlindhold på maksimalt 0,05 % svovl.

5.4 Oliequalityiteter/skibstyper

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

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

De bedre og lettere oliequalityiteter benyttes i danske farvande af mange færgeruter. Svovlindholdet er her som oftest mindre end 0,1%.

Hurtigfærgeruterne benytter bunkers af højeste kvalitet, da dette kræves af disse skibes højt ydende turbiner og motorer. Det samme er gældende for krigsskibe.

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

Hjælpmotorer kan benytte enten fuel- eller gasolie som brændstof. Det normale er, at skibe, der benytter gasolie til hovedmotoren, også benytter gasolie til hjælpmotorerne. Skibe, der benytter fuelolie til hovedmotoren, benytter enten gasolie eller fuelolie til hjælpmotorerne.

EU-direktiv 1999/32/EF fastlægger, at der maksimalt må være 0,2% S i den gasolie/dieselolie, der benyttes af skibe i fart mellem EU-havne. For fuelolie er der ingen begrænsninger.

5.5 Indkøb af bunkers

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

Der er/kan være forskel på de qualityiteter, der kan leveres forskellige steder i verden. Handelsqualityiteten er bl.a. afhængig af den kvalitet råolie (crude oil),

der findes på stedet eller den kvalitet, der er leveret til raffinaderiet. Bunkers indkøbes normalt efter visse standardspecifikationer, hvor den leverede bunkers skal være bedre eller i det mindste opfylde de specifikationer, der er opstillet i standarden.

Forskellen på forskellige olie kvaliteter, der indhandles forskellige steder i verden, opstilles i nedenstående skema. Opmærksomheden skal 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.

Spec.	ρ , 50 C kg/m ³	Visc. CST	S %	V mg/kg	H ₂ O %	MJ/kg
APH 45	991	500	5,0	600	0,5	---

Bunkers specifikation APH45/RMH 45

Forskelle i bunkerskvaliteter, specifikation APH 45, 1996:

By	ρ , 50 C kg/m ³	Visc. CST	S %	V mg/kg	H ₂ O %	MJ/kg
Marseille	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

Som det ses af ovenstående, kan der være ganske betydelige forskelle i leveret bunkers selv indenfor leverancer, der alle ligger indenfor standarden APH45. I år 2000 er dette handelsnavn ændret til RMH 45.

Forskellen i bunkerskvalitet kan have indflydelse på motordriften, ligesom den benyttede smøreolie kvalitet bør afpasses efter kvaliteten på den benyttet bunkers. Det optimale ville være, hvis smøreolien kunne afpasses til den enkelte brændselsolie, men dette er 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 bunkers havn og den øjeblikkelige situation på verdensmarkedet. I nedenstående tabel kan ses svingninger på Rotterdam-markedet for 1 ton fuelolie med et svovlindhold på 3,5%.

År	Ca. pris/ton, US \$
1995	90
1997	92
1998	67
1999	91
2000	133

Fueloliepriser.

I tabellen ses de meget varierende priser på fuelolie på Rotterdam markedet.

Til sammenligning med ovenstående kan nævnes, at fuelolie med svovlindhold på 1% indkøbt i 2000 kostede ca. 130-160 US \$/ton, eller ca. 20% mere end kvaliteten med 3,5% svovlindhold.

En højkvalitets gasolie ($<0,05\%$ svovl), der benyttes i f.eks. hurtigfærger, koster til sammenligning i Danmark i år 2000 ca. 300 US \$/ton.



Katamaranen "Sjöbjörnen".

Færgen er en af mange passagerer katamaraner i drift mellem København og byer på den anden side af Sundet.

Sjöbjörnen har en servicefart på 33.5 knob og bruger ca. 900 liter gasolie pr. time.

6 INTERNATIONALE KONVENTIONER

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

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 samtidigt et meget stort antal lande skal være enige, er det tit "laveste fællesnævner", der bliver gældende. Dette kan virke frustrerende, men internationale aftaler skal jo starte på et eller andet niveau.



"Agersøfærgen".

Færgen er i fart mellem Agersø og Stigsnæs. Færgen er bygget i 1994 og kan medtage 12 personbiler og ca. 130 passagerer. Farten er 10,9 knob.

Hvis man betragter de mange nye ø-færger, der er bygget igennem de sidste 5-8 år, kan det give stof til eftertanke, at de næsten alle er af meget forskelligt design.

6.1 MARPOL/IMO

MARPOL- konventionen (International convention for the prevention of pollution from ships) er ratificeret af 113 (30/9-2000) lande, er udarbejdet af IMO (International Maritime Organisation), som er FN's søfartsorganisation, 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 (gælder for alle 113 lande)
- II Kemikalier i bulk (gælder for alle 113 lande)
- III Farligt gods i emballeret form (accepteret af 95 lande)
- IV Spildevand (accepteret 79 lande, men endnu ikke i kraft)
- V Affald (accepteret af 99 lande)

Siden 1991 har der i IMO været arbejdet med luftforurening fra skibe. Dette arbejde skal indgå i et nyt annex VI, som blev vedtaget den 26/9 1997.

Ifølge det nye annex VI skal følgende parametre reguleres:

Haloner, CFC og andre ozonlagsnedbrydende stoffer (det skal bemærkes, at HCFC er tilladt indtil 1. januar 2020), NO_x , SO_2 og VOC (volatile organic compounds), skibenes affaldsforbrændingsanlæg og den benyttede brændselsoliekvalitet.

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 2000).

Indtil det nye annex i MARPOL træder i kraft, 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 det 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 passage og ophold i et lands søterritorium er blandt andet beskrevet i FN's havretskonvention, hvori det blandt andet hedder:

Skibe fra alle stater har ret til uskadelig passage gennem søterritoriet under iagttagelse af denne konventions bestemmelser.

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 heraf.

Dansk suverænitetssområde omfatter udover det danske landområde også luftrummet over og havet omkring Danmark ud til 12 sømil (ca. 22 km) afstand fra land (i henhold til lov om afgrænsning af søterritoriet – Lov nr. 200 af 07. april 1999).

Havet omkring Danmark opdeles i et såkaldt indre og ydre 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 Danmarks indre territoriale farvand.

Det ydre territoriale farvand strækker sig fra kysten eller fra den ovenfor "tænkte" linie og 12 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.fl., findes en særlig kystvagt (Coast Guard), der er

samfundets udøvende myndighed på havet. En sådan organisation findes ikke i Danmark.

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.

Udover den nævnte 12 milezone håndhæver Danmark også en såkaldt eksklusiv økonomisk zone på 200 sømil (Lov om eksklusiv økonomisk zone – Lov nr. 411 af 22. maj 1996 – denne lov gælder ikke for Færøerne og Grønland). Indenfor denne zone gælder særlige regler omkring udnyttelse af fiskebestande og naturlige ressourcer, såsom gas- og olieindvinding samt miljøbeskyttelse. Disse regler er fastsat i henhold til internationale konventioner.

I mere kystnære farvande, hvor afstanden mellem to lande måske er mindre end 24 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.

Udenfor territorialfarvandet, d.v.s. 12 sømilezonen (nogle lande har en anden zonestørrelse, f.eks. 6 sømil), har de enkelte lande i princippet ingen myndighed (se dog afsnittet om eksklusiv økonomisk zone). Der råder, hvad man kalder for "Freedom of the high seas". Dette betyder, at alle skibe har ret til fri bevægelse på havet, så længe de opholder sig i internationalt farvand.

I denne rapport beregnes energiforbrug og emissioner i et område, der er større end det, der er omfattet af 12 sømilegrænsen.

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 af hvilke der i 2000 findes ca. 80. Trafikhavne er havne, der er beregnet til erhvervsmæssig betjening af gods, køretøjer og passagerer.

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

Færgehavne uden for trafikhavnene er der ca. 55 af, og disse benyttes af store og små færger. Der findes et stort antal små færgehavne til de mange ø-færger, der betjener de mindre danske øer.



Coasteren "Vest".

De mindre coastere er på tilbagegang i indenrigsfarten.

"Vest" er bygget i 1951 og kan laste 475 ton. Maskineriet udgøres af en B&W Alpha motor, der udvikler 280 kW, hvilket giver en fart på 9 knob.

8.2 Havneanløb

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

Færgeanløbene er langt den overvejende kategori i form af antal anløb.

Danske havne blev i 1995 anløbet af 790.000 færger og i 2000 af ca. 690.000.

Antallet af handelsskibe > 500 ton, der anløb dansk havn, udgjorde i 1995 ca. 23.000 og i 1999 ca. 24.000 (Lloyds Information Services).

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 vedrørende 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.

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.

LMIS inddeler skibene i 13 forskellige hovedgrupper, som fremgår af afsnit 8.5.

Ved beregning af energiforbrug og emissioner er handelsskibene samlet i 3 grupper (se afsnit 8.5).

8.4 Trafikken til og fra EU

Da det i mange sammenhænge kan være interessant at kende trafikken til og fra EU havne, er denne trafik opgjort.

For at foretage disse bestemmelser 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 ca. 23.000 handelsskibe med en størrelse på mere end 500 tdw. og i år 1999 ca. 24.000.

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 handelsskibe 1995	Antal handelsskibe 1999
EU havn → dansk havn	8.071	15.512
Dansk havn → EU havn	7.703	8.173

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

Årsagen til at der ses en stor forskel på antallet af havneanløb af skibe, der kommer fra en EU havn og antallet af skibe, der afgang til en EU-havn, kan måske skyldes, at der udfra databaseoplysninger ikke i alle tilfælde kan ses, om næste havn er en EU, idet mange angivelser er betegnet som "passerende" f.eks. Den Engelske Kanal eller Spanien, og hvad præcist den næste havn er, er ikke inkluderet i de oplysninger, der har været tilgængelige.

8.5 LMIS Skibstyper

I LMIS database er skibene inddelt i nedenstående hovedgrupper:

B	Bulk carrier
C	Bulk carrier, Bulk/Olie - Malm/Olie
D	Uddybningsfartøjer
F	Fiskefabriksskibe
G	Stykgodsskibe
L	Gastanker
M	Specialtransportskibe, kvægske m.m.
O	Specialskibe, kranske, depotskibe, kabelskibe m.v.
p	RO-RO
R	Undersøgelsesskibe
T	Tankske
U	Containerske
X	Slæbebåde - isbrydere

I beregninger af energiforbrug og emissioner er de ovenstående 13 grupper slået sammen i 3 hovedgrupper. Grupperne er sammensat på følgende måde:

B, C, L, O og T beregnes i princippet som bulk carrier.

G regnes som containerske, men med reduceret fart for de største størrelser.

D, F, G, M, P, R, U og X beregnes som containerske.

9 BEREGNINGER OG RESULTATER

9.1 Beregningsmodel TEMA 2000

I maj 2000 offentliggjorde Trafikministeriet den såkaldte TEMA 2000 model, som er et beregningsværktøj til bestemmelse af energiforbrug og emissioner (luftforurening) for transport i Danmark (TEMA = Transporters Emissioner under Alternative forudsætninger). Modellen kan foretage beregninger for forskellige typer trafik: Bil, tog, fly og skibe. Det er beregningsmetoden for sidstnævnte transportmiddel, der efterfølgende kort vil blive gjort rede for, idet en mere udførlig beskrivelse af den skibstekniske beregningsmetode findes i ”TEMA2000 – Bilagsrapport 2 – Beskrivelse af det skibstekniske beregningsgrundlag, Udarbejdet af Hans Otto Kristensen”.

9.1.1 Skibstyper

Den skibstekniske beregningsmodel er udviklet for følgende skibstyper og -størrelser:

Containerskibe: 100 - 7000 TEU (TEU = standardcontainer med en længde på 20 fod)

Bulk carriers (massegodsskibe): 2000 - 150.000 tons lasteevne

Ro-Ro lastskibe: 700 - 3500 lanemeter (længde af vognbaner)

Ro-Ro passagerskibe (konventionelle bilførende passagerfærger): 15 - 1000 PBE (personbilenheder)

Hurtige bilførende enkeltskrogsfartøjer: 50 - 300 PBE

Hurtige bilførende katamaranfærger: 50 - 300 PBE

9.1.2 Beregningsmetode

Beregning af energiforbruget for forskellige skibstyper kan i princippet foretages ud fra en tilstrækkelig stor mængde aktuelle olieforbrugsdata for forskellige skibstyper af varierende størrelse, så hver skibstype bliver dækket bedst mulig. Problemet ved en sådan metode er imidlertid, at de opgivne olieforbrugsoplysninger sjældent svarer til helt sammenlignelige driftsforhold. Nogle oplysninger gælder måske for skibe sejlene med fuld last ved en motorydelse på eksempelvis 85% af maksimal ydelse, andre data stammer måske fra et skibs prøvetur, hvor målinger foretages, når hovedmaskineriet yder maksimal effekt, men hvor det aktuelle skib måske ikke er fuldt nedlastet, og atter andre data svarer måske til sejlads under nogle specielle ugunstige vejrforhold, som øger effektbehovet. Alt i alt vil analyse af sådanne olieforbrugsregistreringer være behæftet med en række usikkerhedsfaktorer af ikke uvæsentlig betydning.

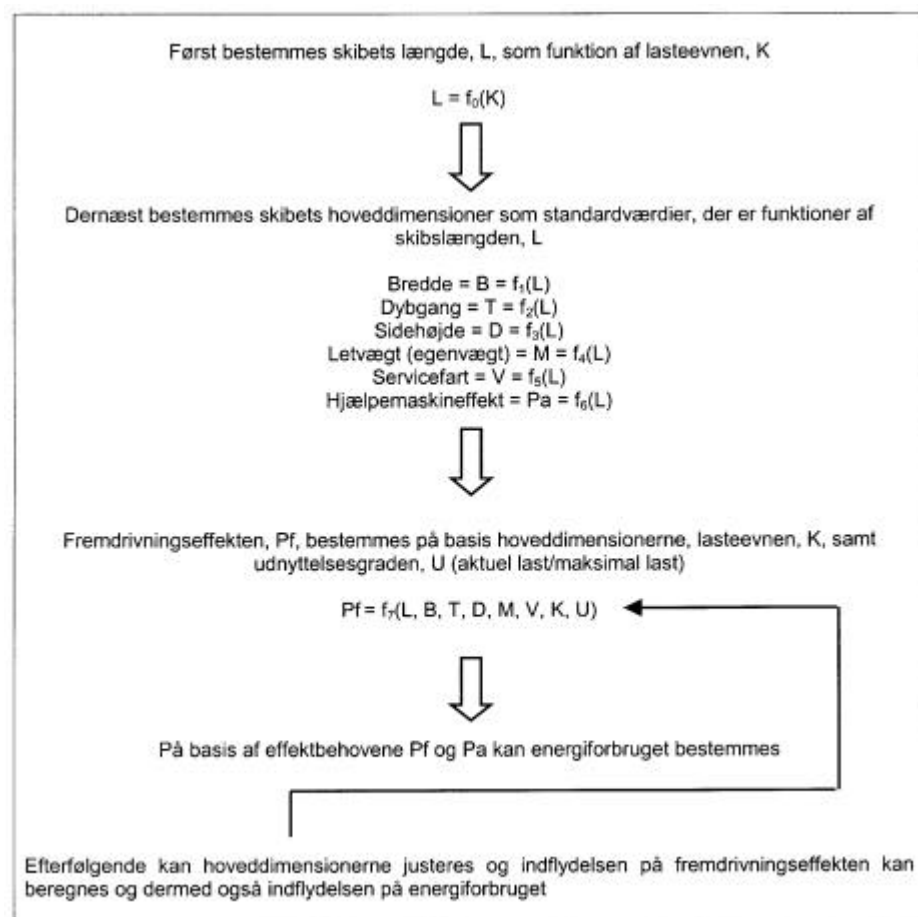
Der blev derfor for TEMA 2000 udviklet en teoretisk beregningsmodel, der på korrekt vis tager hensyn til nogle af de skitserede usikkerhedsmomenter. For at kunne udvikle en sådan beregningsmodel, blev der for hver skibstype foretaget statistiske analyser af skibenes lasteevne, hoveddimensioner (længde, bredde og dybgang) samt øvrige data, der har indflydelse på fremdrivningseffekten (servicefart og skibets egenvægt). På basis af disse statistiske analyser er sammenhængen mellem de forskellige parametre

bestemt for hver skibstype, så beregningsmodellen ud fra kravet til lastekapacitet for en bestemt skibstype beregner et sæt repræsentative hoveddimensioner inklusiv et forslag til servicefart, der for alle skibstyper afhænger af skibets størrelse og dermed lasteevnen.

Når hoveddimensionerne samt farten er fastlagt, beregner programmet den nødvendige fremdrivningseffekt ved hjælp af nogle forskellige empiriske metoder. Disse beregningsmetoders nøjagtighed er blevet vurderet ved at sammenligne beregningsresultaterne fra metoderne med fuldsalamålinger/observationer for nogle udvalgte skibe, hvor der findes dokumenterede fuldsalamålinger. Disse sammenligninger har vist, at de anvendte empiriske beregningsmetoder er rimeligt pålidelige, og at den benyttede beregningsmetodik er væsentlig mere nøjagtig end indsmaling og analyse af olieforbrugsdata.

De af programmet foreslåede hoveddimensioner kan ændres individuelt, så man kan se, hvilken indflydelse de pågældende parametre har på fremdrivningseffekten. Til brug for udviklingen af TEMA-modellen er der dog kun benyttet de statistisk bestemte standardværdier.

Strukturen i beregningsmodellen er vist i nedenstående figur, hvoraf det tydeligt fremgår hvilke parametre, der indgår i beregningerne.



Figur 1. Principskitse for beregningsmodellen KOMBI-TRANS til bestemmelse af energiforbruget for forskellige skibstyper

9.1.3 Emissionsberegninger

Når energiforbruget er beregnet, foretager TEMA-modellen en beregning af de tilhørende røggasemissioner, idet der benyttes emissionsfaktorer, der hovedsageligt er baseret på Lloyds Registers omfattende røggasemissionsmålinger fra midten af 90'erne.

9.1.4 CO₂-emissioner

CO₂-emissioner er baseret på data fra Energistyrelsens statistik, som er baseret på årlige indberetninger fra olieraffinaderier. Følgende tal er derfor benyttet:

Fuel olie: 78 g CO₂ pr. MJ svarende til 3,16 kg CO₂ pr. kg olie, idet varmefylden for fuelolie er ca. 40,5 MJ/kg

Dieselolie og gasolie: 74 g CO₂ pr. MJ svarende til 3,17 kg CO₂ pr. kg olie, idet varmefylden for diesel- og gasolie er ca. 42,8 MJ/kg

9.1.5 NO_x-emissioner

Motorernes NO_x-emissioner er dels bestemt udfra Lloyds Registers store undersøgelse fra 1995 sammenholdt med en vurdering af den efterfølgende udvikling set i lyset af indførelsen af NO_x-grænseværdierne via FN's internationale søfartsorganisation IMO.

Baseret på de nyeste oplysninger fra verdens største producent af slow speed motorer, MAN B&W, er middelværdien for NO_x-emissioner bestemt til ca. 17 g/kW time, idet værdien for motorer med almindelige indsprøjtningsdyser ligger fra 14 til 22 g/kW time, mens værdien for motorer med low-NO_x dyser ligger fra 13 til 17 g/kW time. Der er således god overensstemmelse mellem Lloyds Registers og MAN B&W's tal samt IMO's kommende grænseværdi på 17 g/kW time for slow speed motorer.

For medium speed og high speed motorer ligger NO_x-emissionsniveauet generelt lavere end for slow speed motorer. På basis af de seneste data fra MAN B&W må Lloyds Registers NO_x-værdi på 12 g/kW time anses som et passende valg for medium speed motorer. Et NO_x-emissionsudslip på 11 g/kW time anses tilsvarende som et passende valg for high speed motorer, da dette svarer til IMO's NO_x-grænseværdi ved ca. 1000 omdr./minut, som er det omtrentlige omdrejningstal for dieselmotorerne til de bilførende hurtigfærger.

Gasturbiner er generelt kendetegnet ved meget lave NO_x-emissioner, idet NO_x-emissioner på 1 - 2 g/kW time har været nævnt for visse typer gasturbiner. For flere af de hurtigfærger, der er i drift, er der rapporteret om NO_x-emissioner på ca. 4 g/kW time, hvorfor denne værdi anses som en realistisk værdi.

9.1.6 Svovlemissioner

Svovlprocenten (vægtmæssig) for bunkersolie varierer fra ca. 4,5% og ned til ca. 0,1%. Det kan være vanskeligt at angive talværdier for et typisk svovlindhold for de forskellige skibstyper, da olien ofte købes på spotmarkedet til laveste pris. Undertiden kan man få svovlfattig olie til lav pris, og til andre tider indeholder den billige olie meget svovl. Undersøgelser af svovlindholdet for bunkersolie viser meget store variationer på verdensplan.

For de forskellige skibstyper anses følgende svovlprocenter for et passende valg baseret på oplysninger fra forskellige rederier:

Containerskibe og bulk carriers: 3%
 Ro-Ro lastskibe: 1,5%
 Ro-Ro passagerskibe: 0,5%
 Hurtigfærger: 0,1%

9.1.7 Partikelemissioner

Partikelemissionen afhænger af oliens svovlindhold som bl.a. påvist i Lloyds Registers undersøgelse, fra hvilken sammenhængen mellem svovlindhold og partikelemissionen for dieselmotorer benyttes.

En partikelemission for gasturbiner på 0,1 g/kW time er baseret på oplysninger fra gasturbinefabrikanter.

9.1.8 HC- og CO-emissioner

HC- og CO-emissionsfaktorerne for dieselmotorer er også baseret på Lloyds Registers undersøgelse, mens faktorerne for gasturbiner er baseret på oplysninger fra gasturbinefabrikanter.

Det skal dog tilføjes, at der kan være store variationer i størrelsen af de enkelte emissioner afhængig af bl.a. motorens belastning og driftsform (steady state/transient). For skibsmotorer er variationen ved almindelig drift (steady state) ifølge Lloyds Register:

NO_x: 8 - 20 g/kW time
 HC: 0,2 - 1,0 g/kW time
 CO: 0,4 - 4,0 g/kW time
 Partikler: 0, 1 - 2,0 g/kW time

CO₂-udslippet, som er en væsentlig faktor med betydning for drivhuseffekten, er ikke omfattet af specifikke grænseværdier, da CO₂-emissionen alene afhænger af olieforbruget og dermed kun kan nedsættes ved at sætte grænser for energiforbruget pr. kW time, hvilket der ikke er krav til.

9.1.9 Emissionsfaktorer i data benyttet i TEMA 2000

Skibstype	Container skibe Bulk carriers	Ro-Ro lastskibe	Ro-Ro passagerskibe	Bilførende hurtigfærger	Bilførende hurtigfærger
Motortype	Slow speed	Mediumspeed	Mediumspeed	High speed	Gasturbine
Olietype	Fuel olie	Diesel/gasolie	Diesel/gasolie	Diesel/gasolie	Diesel/gasolie
Specifikt olieforbrug (kg/kW time)	0,17	0,19	0,19	0,20	0,24
NO _x -emission (gr./kW time)	17,0	12,0	12,0	11,0	4,0
CO-emission (gr./kW time)	1,60	1,60	1,60	1,60	0,10
HC-emission (gr./kW time)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,35
Partikel-emission (gr./kW time)	1,38	0,44	0,24	0,23	0,10
Svovlindhold i olie, (%)	3,0	1,5	0,5	0,1	0,1

SO ₂ -emission (gr./kW time)	10,71	5,99	2,00	0,42	0,50
CO ₂ -emission (gr./MJ)	78,0	74,0	74,0	74,0	74,0
NO _x - emission (gr./MJ)	2,5	1,5	1,5	1,3	0,4
CO-emission (gr./MJ)	0,23	0,20	0,20	0,19	0,01
HC-emission (gr./MJ)	0,073	0,061	0,061	0,058	0,034
Partikel- emission (gr./MJ)	0,200	0,054	0,029	0,026	0,010
SO ₂ -emission (gr./MJ)	1,56	0,74	0,25	0,05	0,05
CO ₂ -emission (gr./kg olie)	3159	3167	3167	3167	3167
Partikel- emission (gr./kg olie)	8,1	2,3	1,2	1,1	0,4
Oliens brændværdi (MJ/kg)	40,5	42,8	42,8	42,8	42,8

9.2 Beregning af emissioner fra erhvervsfiskeskibe

Emissioner fra fiskeskibe er beregnet ud fra det oplyste olieforbrug i den danske fiskerflåde. Dette tal fås fra *Danmarks Fiskeriforening* vedrørende tallene for 1995, og fra *Jordbrugs- og fiskeriøkonomisk institut* vedrørende tallene fra 1999.

Ud fra olieforbruget er emissioner beregnet ud fra TEMA 2000 data for high speed diesel motorer.



Stor fisketrawler.

De større fiskerfartøjer kan opererer så langt væk fra Danmark som ved Islands og Afrikas kyster.

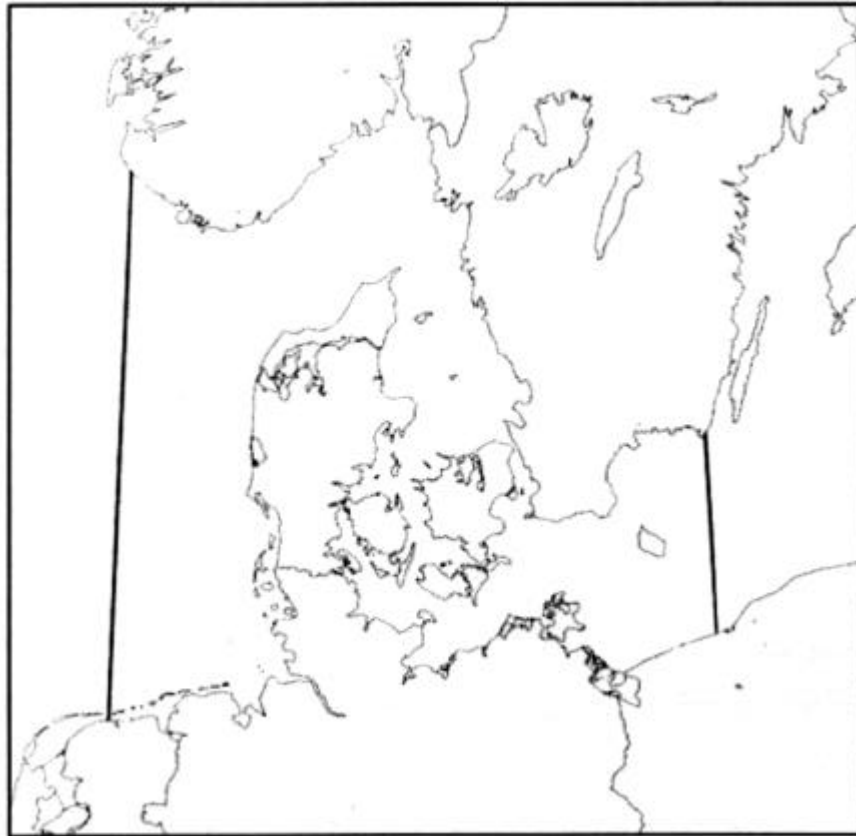
9.3 Beregning af emissioner fra fritidsfartøjer

Beregninger af emissioner fra fritidsfartøjer er foretaget ud fra et ansat årligt driftstimetotal og emissionsfaktorer.

9.4 Farvandsområde

I denne rapport er farvandene omkring Danmark at betragte som farvandsområdet med vestlige og østlige begrænsninger i Nordsøen og Østersøen langs den 6. og 16. længdegrad. Nord-syd afgrænsningerne udgøres i Nordsøen af henholdsvis Norges og Hollands kyst, og i Østersøen af Sveriges og Polens kyst. Herved fås det område, indenfor hvilket emissioner fra skibsfarten beregnes.

Af afsnit 7 fremgår, at dansk territorialfarvand strækker sig 12 sømil ud fra kysten, hvilket i forbindelse med beregning af emissioner ikke er nogen rimelig grænse, da emissioner fra skibe udbredes til et større område.



Farvandene omkring Danmark.

I denne rapport defineres farvandene omkring Danmark som havområdet imellem den 6. og 16. længdegrad, begrænset nordlig/sydlig af Norge-Holland og Sverige-Polen. Grunden til at dette område er valgt, er at udbredelsen af emissioner fra skibsmotorer er "regional", hvorfor det ikke synes fornuftigt at relaterer emissionerne til f.eks. den danske 12 sømylegrænse.

9.5 Brændstofforbrug

Energi- eller brændstofforbruget er reelt den parameter, emissionerne udregnes ud fra. I TEMA 2000 udregnes brændstofforbruget for de forskellige skibsklasser ud fra skibstekniske beregninger. I disse beregninger indgår ting som skrogfacon, fart, last m.m. For nærmere se TEMA 2000 Bilagsrapport

nr. 2, Beskrivelse af det skibstekniske beregningsgrundlag – Udarbejdet af Hans Otto Kristensen.

Resultaterne af beregninger af brændstofforbrug fremgår af nedenstående tabel. Resultaterne vedrørende handelsskibe og færger er resultater af TEMA 2000 beregninger, for fiskeskibe er olieforbruget oplyst af Danmarks fiskeriforening (1995) og af Jordbrugs- og fiskerøkonomisk institut (1999), og brændstofforbruget vedrørende lystfartøjer er resultat af ansatte driftstimer og ansat specifikt brændstofforbrug.

Brændstofforbrugene er for handelsskibe beregnet for 1995 og 1999, og for færger for 1996 og 2000. Årsagen til at der ikke er sammenfald i årstallene skyldes, at databaseoplysninger vedrørende handelsskibsbevægelser først er tilgængelige senere end data for færger.

Skibsklasse	Fuel Olie tons / år	Marine Gas Olie tons / år
Færger, konventionelle og Ø	(500.000) *	-----
Færger, hurtig	0	142.000
Handelsskibe	----- **	0
Erhvervsfiskeskibe	0	162.000
Fritidsfartøjer	0	5.000 * **
Sum	-----	-----

Brændstofforbrug 1995/1996

- * Fordelingen på brændstofforbruget mellem Fuel- og Gasolie kendes ikke for 1996. TEMA 2000 sætter svovlindholdet i brændstoffet for konventionelle færger til 0,5%.
- ** Brændstofforbruget for handelsskibe i 1995 kan ikke udregnes, så det kan sammenlignes med det beregnede forbrug for 1999, da søgekriterier i Lloyds database ikke har været ens de 2 år.
- *** Benzin og gasolie.

Skibsklasse	Fuel Olie tons / år	Marine Gas Olie tons / år
Færger, konventionelle og Ø	96.000	192.000
Færger, hurtig *	0	125.000
Handelsskibe	2.000.000	0
Erhvervsfiskeskibe	0	177.000
Fritidsfartøjer	0	5.000
Sum	2.096.000	499.000

Brændstofforbrug 1999/2000

9.6 Resultater – Energiforbrug og emissioner fra færger

Emissionerne fra færger er beregnet for 1996 og for 2000. Beregningerne for 2000 skal forstås på den måde, at der i august 2000 er foretaget en fremregning baseret på det forventede antal afgang på den enkelte færgerute. Der vil kunne fremkomme mindre afvigelser, da antallet af afgang på den enkelte færgeoverfart ikke kendes præcist, inden året er gået. Det er forfatterens opfattelse, at dette kun vil kunne medføre mindre afvigelser fra de beregnede tal. Antallet af ture er bestemt ud fra de enkelte færgeruters fartplaner og oplysninger fra rederier.

Færgerne er delt op i forskellige grupper, for at give overblik over fra hvilke grupper af færger energiforbrug og emissioner stammer.

9.6.1 Energiforbrug og emissioner fra hurtigfærger

De aktuelle færgeruter der indgår i nedenstående beregninger fremgår af bilag 1-6.

Parameter	Enhed	1996	2000
Energiforbrug	PJ/år	3,4	2,4
SO ₂	ton/år	165	118
CO ₂	ton/år	250.000	178.000
CO	ton/år	334	59
HC	ton/år	155	99
NO _x	ton/år	2830	1570
PM 10	ton/år	60	35

Emissioner fra hurtigfærger i indenrigsfart 1996 og 2000.

Af tabellen ses emissioner fra hurtigfærger i indenrigsfart i 1996 og 2000. I bilag 1 og 7 fremgår hvilke ruter, der indgår i beregningerne, og hvor mange ture der sejles på den enkelte rute.

Parameter	Enhed	1996	2000*
Energiforbrug	PJ/år	2,69	2,95
SO ₂	ton/år	121	141 *
CO ₂	ton/år	199.000	213.000 *
CO	ton/år	201	243 *
HC	ton/år	113	125 *
NO _x	ton/år	2050	2340 *
PM 10	ton/år	40	45 *

Emissioner fra hurtigfærger i udenrigsfart 1996 og 2000.

Af tabellen ses emissioner fra hurtigfærger i indenrigsfart i 1996 og 2000. I bilag 1 - 7 fremgår hvilke ruter, der indgår i beregningerne, og hvor mange ture der sejles på den enkelte rute.

* Energiforbrug og emissioner vedrørende Bornholmstrafikkens hurtigfærge Willum Clausen er regnet som værende i drift i et helt år (for at kunne sammenligne med værdier fra 1996). Dette uagtet at Willum Clausen først er sat i drift i maj 2000. Endvidere indgår Silja Lines Seacat fra Frederikshavn til Gøteborg for et helt år. Denne rute er nedlagt pr. 13/8 2000.

Som det ses af ovenstående 2 tabeller, er der sket en ændring i trafikmønstret, der betyder, at den største energiomsætning og de fleste emissioner i år 2000 kommer fra hurtigfærger, der besejler udenrigsruter i modsætning til 1996, hvor det var indenrigsruterne, der repræsenterede den største energiomsætning og de fleste emissioner.



Hurtigfærgeren "Mads Mols".

Færgeren Mads Mols er i år 2000 indsat i på ruten Odden-Århus. Tidligere var "Mads" og en søsterfærge indsat på ruten Kalunborg-Århus. Efter åbningen af Store Bæltsbroen var der ikke plads i markedet til begge ruter, og antallet af hurtigfærger på Kattegat blev derfor reduceret. "Mads Mols" er udrustet med 4 dieselmotorer, der tilsammen udvikler 28.300 kW, hvilket giver færgeren en servicefart på 43 knob.

Parameter	Enhed	1996	2000
Energiforbrug	PJ/år	6,1	5,4
SO ₂	ton/år	286	259
CO ₂	ton/år	449.000	391.000
CO	ton/år	535	302
HC	ton/år	268	224
NO _x	ton/år	4880	3910
PM 10	ton/år	100	80

Samlet emissioner fra hurtigfærger i 1996 og 2000.

Af tabellen ses, at der er et fald i energiforbrug og emissioner fra 1996 til 2000. Dette skyldes, at der i denne periode har været en ændring i de ruter, der besejles på grund af åbning af broerne over Storebælt og Øresund.

Af tabellen ses, at der er sket en reduktion af energiforbruget på hurtigfærgeruterne på ca. 10%. Dette betyder, at der generelt også sker en reduktion af emissionerne. Det ses, at NO_x-emissionerne reduceres med ca. 20%. Dette er en større reduktion, end energiforbruget umiddelbart skulle indikere. Dette skyldes, at der er sket et skift i de benyttede færger fra hovedsageligt at være udrustet med hurtiggående dieselmotorer til mere brug af gasturbiner. I år 2000 foregår 66% af energiomsætningen på gasturbiner, der har en lavere emission af NO_x end dieselmotorer.

9.6.2 Energiforbrug og emissioner fra konventionelle færger

I gruppen af konventionelle færger er der sket store ændringer fra 1996 til 2000. Dette skyldes, at der i den mellemliggende tid er åbnet broer over henholdsvis Store Bælt og Øresund. Dette har betydet en væsentlig reduktion i antallet af "tunge" ruter, da der på Store Bælts ruterne alene var ca. 60.000 afgang med store færger i 1996.

Parameter	Enhed	1996	2000
Energiforbrug	PJ/år	6,0	1,13
SO ₂	ton/år	1.420	687 *
CO ₂	ton/år	495.000	83.900
CO	ton/år	1.300	227
HC	ton/år	408	69
NO _x	ton/år	9680	1700
PM 10	ton/år	250	33

Emissioner fra konventionelle færger i indenrigsfart 1996 og 2000.

Af tabellen ses, at der er et væsentligt fald i energiforbrug og emissioner fra 1996 til 2000. Dette er resultatet af, at der i perioden er åbnet broer over Store Bælt. På Store Bælt har dette betydet en reduktion på ca. 60.000 afgange med store færger.

* Et af de punkter, hvor TEMA 2000 modellen skal benyttes med speciel opmærksomhed, er i de tilfælde, hvor en færgerute benytter brændstof med et væsentligt andet svovlindhold end forudsat i beregningsmodellen. De i tabellen angivne SO₂-emissioner er beregnet ud fra det faktiske svovlindhold i brændstoffet. Hvis de enkelte ruter var gennemregnet med standardværdier fra TEMA2000, ville der fås en svovlemission på 180 ton/år.



Bornholmer båden "Jens Koefoed".

"Jens Koefoed" er en af to konventionelle færger i drift mellem Bornholm og København. I maj 2000 har disse færger fået konkurrence af hurtigfærgerne Willum Clausen, der i forbindelse med åbningen af Øresundsbroen er indsat i rute mellem Rønne og Ystad.

Parameter	Enhed	1996	2000
Energiforbrug	PJ/år	14,8	11,7
SO ₂	ton/år	5.430	5.140 *
CO ₂	ton/år	1.109.000	863.000
CO	ton/år	2.920	2.330
HC	ton/år	910	710
NO _x	ton/år	21.900	17.500
PM 10	ton/år	530	340

Emissioner fra konventionelle færger i udenrigsfart 1996 og 2000.

Af tabellen ses, at der er et væsentligt fald i energiforbrug og emissioner fra 1996 til 2000. Dette skyldes, at der i denne periode er åbnet broer over Øresund, hvilket betyder, at nogle energitunge færgeruter er nedlagt.

* Et af de punkter, hvor TEMA 2000 modellen er meget følsom, er i de tilfælde, hvor en færgerute benytter brændstof med et væsentligt andet

svovlindhold end forudsat i beregningsmodellen. De i tabellen angivne SO₂-emissioner beregnet ud fra det faktiske svovlindhold i brændstoffet. Hvis de enkelte ruter var gennemregnet med værdier fra TEMA2000, ville der fås en svovlemission på 2.990 ton/år.

Som det fremgår af omstående stammer ca. 94% af energiforbrug og emissioner fra konventionelle færger, fra færger i udenrigsfart.

Parameter	Enhed	Konventionelle færger 1996	Konventionelle færger 2000
Energiforbrug	PJ/år	20,8	12,8
SO ₂	ton/år	6.850	5.830
CO ₂	ton/år	1.600.000	947.000
CO	ton/år	4.220	2.600
HC	ton/år	1.320	780
NO _x	ton/år	31.600	19.200
PM 10	ton/år	780	370

Samlet emission fra konventionelle færger i 1996 og 2000

9.6.3 Emissioner fra ø-færger

Ø-færger er en fællesbetegnelse for det store antal mindre færger, der betjener de danske småøer. Der er her tale om færger, der typisk har plads til fra nogle få til ca. 50 biler og fra ca. 100 til ca. 500 passagerer.

Parameter	Enhed	1996	2000
Energiforbrug	PJ/år	*	0,6
SO ₂	ton/år	*	76
CO ₂	ton/år	*	45.000
CO	ton/år	*	120
HC	ton/år	*	38
NO _x	ton/år	*	930
PM 10	ton/år	*	18

Emissioner fra ø-færger 1996 og 2000.

Emissionerne fra ø-færger vedrørende 1996 er ikke gennemregnet efter TEMA 2000 modellen.

Da der ikke har været den store ændring i antallet af ø-færgeruter eller antal afgang, regnes energiforbrug og emissioner at være ens for de 2 perioder.



Ø-færger "Nordby".

Færger "Nordby" var i drift mellem Esbjerg og Fanø fra 1964 - 1998. Færgeren kunne medtage 400 passagerer og 25 personbiler. Fart 9,5 knob.



Ø-færgen "Menja".

Færgen er afløser for "Nordby" og sat i drift mellem Esbjerg og Fanø i 1998.

Færgen kan medtage 396 passagerer og 36 personbiler. Fart 11,5 knob.

9.6.4 Samlet opgørelse over energiforbrug og emissioner fra færger

I nedenstående tabel fremgår det samlede energiforbrug og emissioner fra færger i danske farvande i 1996 og 2000 beregnet efter TEMA 2000 modellen. Der skal gøres opmærksom på, at der er foretaget korrektioner for svovlindholdet på visse ruter, da TEMA2000 vil give en væsentlig fejl med hensyn til SO_2 -emissionen, da det faktiske svovlindhold i brændstoffet på disse ruter er væsentligt højere end forudsat i modellen.

Parameter	Enhed	1996	2000
Energiforbrug	PJ/år	27,5	18,8
SO_2	ton/år	7.210	6.160
CO_2	ton/år	2.100.000	1.400.000
CO	ton/år	4.880	2.980
HC	ton/år	1.620	1.040
NO_x	ton/år	37.400	24.000
PM 10	ton/år	900	470

Emissioner fra færger 1996 og 2000.

Emissionerne fra færger i fart på danske havne.

Af ovenstående tabel ses, at der fra 1996 til år 2000 er sket en reduktion i energiforbruget på ca. 30% vedrørende færger i fast fart på dansk havn. Da emissionerne af miljøskadelige stoffer i store træk hænger sammen med energiforbruget, betyder dette en reduktion af emissioner vedrørende samtlige parametre. Alene CO_2 -udledningen er reduceret med ca. 600.000 ton.

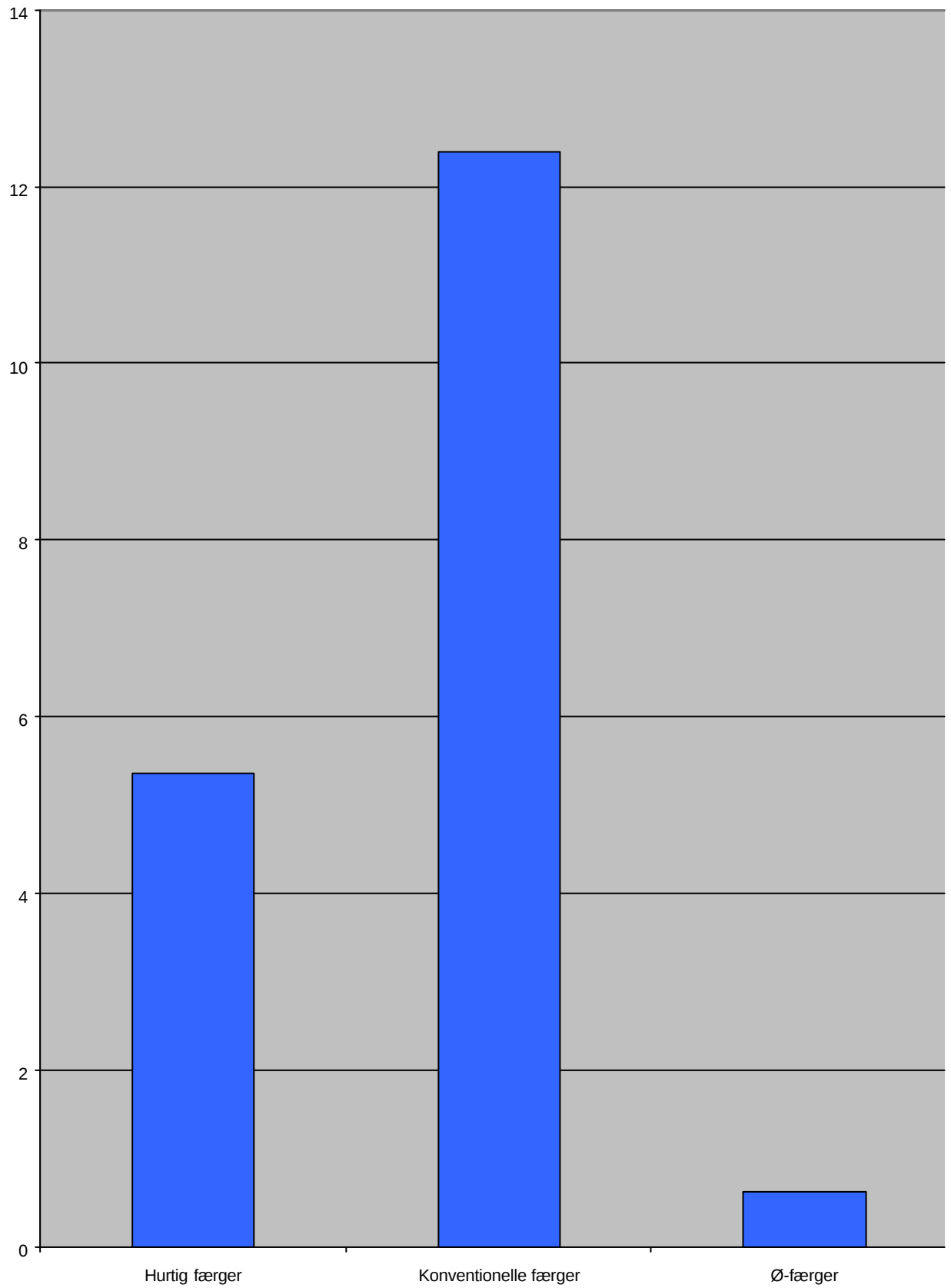


Ø-færgen "Vesborg".

Færgen er bygget i 1995 og i fart mellem Samsø og Jylland. Færgen kan medføre 440 passagerer og 74 personbiler. 2 B&W Alpha motorer på tilsammen 1800 kW giver færgen en fart på 11,7 knob.

Energiforbrug i færger 2000

PJ/år



9.6.5 Udsejlet distance

I nedenstående tabel angives den af færger udsejlede distance. For år 2000 vil der kunne forekomme mindre afvigelser, da der på tidspunktet for beregningen (august 2000) ikke forelå det endelige statistiske materiale vedrørende det faktiske antal afgange på de enkelte ruter.

Færgetype	1996 km	2000 km
Hurtigfærge i indenrigsfart	1.209.000	773.000
Hurtigfærge i udenrigsfart	1.324.000	1.624.000
Konventionel færge i indenrigsfart	3.195.000	798.000
Konventionel færge i udenrigsfart	4.944.000	3.775.000
Ø-færger	1.638.000	1.605.000
Sum	12.309.000	8.575.000

Udsejlet distance af færger i drift på dansk havn 1996 og 2000.

Af tabellen ses, at der er sket en væsentlig reduktion af den udsejlede distance fra 1996-2000. Dette skyldes hovedsageligt nedlæggelse af Store Bæltsoverfarterne p.g.a. åbning af Store Bæltsbroen.

9.6.6 Antal færgeafgange (enkeltture)

I nedenstående tabel angives antallet af færgeafgange i henholdsvis 1996 og 2000. For år 2000 vil der kunne forekomme mindre afvigelser, da der på tidspunktet for beregningen (august 2000) ikke forelå det endelige statistiske materiale vedrørende det faktiske antal afgange på de enkelte ruter.

Færgetype	1996 Enkeltoverfarter	2000 Enkeltoverfarter
Hurtigfærge i indenrigsfart	18.700	14.400
Hurtigfærge i udenrigsfart	35.000	41.000
Konventionel færge i indenrigsfart	104.000	24.400
Konventionel færge i udenrigsfart	155.000	154.900
Ø-færger	474.000	451.000
Sum	787.000	686.000

Antal enkeltture for færger i fart på dansk havn 1996 og 2000.

Af tabellen ses, at der er en reduktion i antallet af enkeltture for færger i drift på dansk havn. Dette skyldes hovedsageligt åbningen af broerne over Store Bælt og Øresund.

9.7 Resultater - Energiforbrug og emissioner fra øvrige handelsskibe (Ekskl. færger)

Energiforbruget og emissionerne fra handelsskibe er meget vanskeligt at bestemme. Dette skyldes, at der er tale om et meget stort antal forskellige skibe, der besejler et meget stort antal havne, i et utal af kombinationer. Samtidigt kendes skibenes fart ikke præcist, hvilket er en væsentlig parameter ved beregning af energiforbrug og hermed emissioner. Det vides heller ikke, i hvilken lastkondition skibene sejler, og ad hvilken præcis rute skibene sejler (vanddybden har betydning for energiforbruget). Den benyttede olie kvalitet er kendes heller ikke. Disse forhold er nogle af årsagerne til, at bestemmelse af energiforbrug og emissioner fra handelsskibe i danske farvande er et regnestykke med mange variable og med stor fejlmargen.

9.7.1 Forudsætninger

For at beregne energiforbruget fra handelsskibe er der foretaget en databasesøgning hos Lloyds Maritime Information Services (LMIS) for al trafik til og fra det område, der i denne rapport betegnes som dansk område.

Der er tale om trafik til og fra danske havne, trafik til udenlandske havne der ligger i det definerede område, samt transit trafik igennem området. For at gøre det overskueligt at beregne energiforbrug og emissioner fra handelsskibene er de 13 grupper af handelsskibe, som LMIS opererer med (angivet i afsnit 8.5), slået sammen i 3 grupper, der beregnes i TEMA 2000, som henholdsvis Bulk carriers, Containerskibe, og General Cargo (beregnes som containerskibe men med reduceret fart for de største størrelser). For opdelingen i grupper se afsnit 8.5.

Skibene er opdelt i 5 forskellige størrelseskategorier. I hver kategori regnes med middelstørrelsen og med 75% last af denne størrelse.

Eksempel: Et skib i gruppen 3.000-10.000 tdw. regnes som et skib på 6.500 tdw. med en last på 75% af dette.

Handelsskibene er inddelt i følgende kategorier/størrelser, og de ved beregningerne benyttede hastigheder fremgår også af omstående tabel.

Type	Størrelse tdw. 0-1000	Størrelse tdw. 1000-3000	Størrelse tdw. 3000-10000	Størrelse tdw. 10-20.000	Størrelse tdw. >20.000 regnes som 40.000
	Fart Knob	Fart Knob	Fart Knob	Fart Knob	Fart Knob
Bulk carriers	10	11	13	13	13
Container	12	14	16	18	21
General Cargo	12	14	16	16	20

Forudsætninger for TEMA 2000 beregninger.

9.7.2 Handelsskibsbevægelser i år 1999

For at kunne foretage beregningerne af energiforbrug og emissioner fra handelsskibe i danske farvande ud fra ovenstående forudsætninger, er det nødvendigt at kende den udsejlede distance for de enkelte kategorier.

Udtrækket fra LMIS database for øvrige handelsskibsbevægelser i farvandene omkring Danmark i 1999 indeholder 156.000 skibsbevægelser.

Skibene kommer fra eller sejler til 7.200 forskellige destinationer. Der er ca. 28.000 kombinationer af ruter.

4.600 går fra en havn i dansk område til en anden havn i dansk område.
12.400 kommer fra eller sejler til en havn udenfor området.
11.000 er i transit igennem dansk område uden anløb af havn.

Der er foretaget manuel bestemmelse af ca. 1000 afstande imellem byer og ind- og udsejlingspositioner til farvandene omkring Danmark. Udover dette er der beregnet ca. 1300 afstande i de tilfælde, hvor ruten er lig en ret linie. Herved fås ca. 2300 afstande, hvilket betyder, at alle 4600 besejlede ruter er bestemt, da de 4600 ruter omfatter f.eks. fra København til Ålborg og fra Ålborg til København. Det vil sige, at 2 ruter repræsenteres af 1 afstand.

Udfra ovenstående kan den udsejlede distance udregnes.

Handelsskibe udsejler i 1999 i alt: 74.000.000 km

9.7.3 Energiforbrug og emissioner fra handelsskibe i 1999

Ud fra de aktuelt udregnede distancer er det muligt at beregne energiforbrug og emissioner. Herved fås følgende:

Parameter	Enhed	1999
Energiforbrug	PJ/år	82.000
SO ₂	ton/år	127.000
CO ₂	ton/år	6.400.000
CO	ton/år	18.000
HC	ton/år	6.000
NO _x	ton/år	202.000
PM 10	ton/år	16.000

Energiforbrug og emissioner fra handelsskibe i 1999.

Ud fra den udregnede udsejlede distance for de enkelte handelsskibstyper er det muligt med TEMA 2000 at udregne energiforbrug og emissioner for de forskellige skibstyper og herefter summere disse tal. Herved fremkommer det totale energiforbrug og emissioner fra handelsskibene i dansk farvand i 1999.



Bulk carrier "Grand Springs".

Bulk carriers benyttes til transport af massevarer som f.eks. malm, korn eller lignende. "Grand Springs" kan laste 74.000 ton, med en typisk fart på ca. 13 knob.

9.8 Emissioner fra erhvervsfiskefartøjer 1995 og 1999

Der er i Danmark et stort antal erhvervsfiskefartøjer, ca. 2700 i 1999.

Fiskefartøjerne er af meget varierende størrelse, fra de mindste kuttere med énmandsbesætning til store trawlere, der kan operere langt fra Danmark.

Fartøjernes maskininstallationer er lige så forskellige som fartøjernes størrelse og udrustning. Beregning af energiforbrug og emissioner fra fiskeskibene beregnes derfor ud fra det årlige olieforbrug. I 1995 blev olieforbruget oplyst af Danmarks Fiskeriforening og i 1999 af Jordbrugs- og fiskeriøkonomisk institut. Med hensyn til tallene for 1999 foretager Jordbrugs- og fiskeriøkonomisk institut forskellige statistiske og økonomiske beregninger for fiskeflåden. Man har blandt andet indberetning fra 20% af de i alt 1509 fiskeribedrifter (nogle bedrifter har mere end et skib) vedrørende

olieforbruget. Nedenstående tal er resultatet af en opskalering af forbruget fra de 20% af bedrifterne, der indberetter brændstofforbruget.

Det er valgt at benytte emissionsfaktorer fra TEMA 2000 vedrørende High Speed diesel (se afsnit 9.1.9) motorer med brug af gasolie med et svovlindhold på 0,1%.

Parameter	Enhed	1995	1999
Energiforbrug	PJ/år	6,9	7,6
SO ₂	ton/år	340	370
CO ₂	ton/år	513.000	560.000
CO	ton/år	1.300	1.400
HC	ton/år	405	440
NO _x	ton/år	8.900	9.700
PM 10	ton/år	186	200

Energiforbrug og emissioner fra erhvervsfiskeskibe i 1995 og 1999.

Energiforbrug og emissioner er udregnet ud fra oplyst olieforbrug og emissionsfaktorer fra TEMA 2000 vedrørende high speed diesel motorer og brændstof med 0,1% indhold af svovl.

9.9 Energiforbrug og emissioner fra fritidsfartøjer

Emissioner fra fritidsfartøjer (større end 6 meter) er generelt vanskelige at beregne, da effekt, årlig driftstid, motorbelastning i sagens natur varierer fra båd til båd. Det er derfor forfatterens opfattelse, at det ikke er muligt at foretage en præcis vurdering af ændringen i emissioner fra 1995 til år 1999. Det er derfor valgt at referere de beregninger og forudsætninger, der er foretaget i miljørapport nr. 367/97 vedrørende emissioner fra fritidsfartøjer.

Med hensyn til driftstiden for motorer i fritidsfartøjer er denne skønnet til følgende:

Bådtype	Årlig driftstid, timer
Sejlbåd	10
Motorbåd > 10kW	40
Motorbåd < 10 kW	20

Driftstimer for motorer i fritidsfartøjer.

Der er ikke foretaget nogen bestemmelse af den installerede effekt ombord i fritidsfartøjerne. Der er valgt, bl.a. ud fra svenske undersøgelser, at ansætte driftstid og middeleffekt. Der er ansat en middeleffekt på 15 kW, og et specifikt brændstofforbrug på 450 gr./kWt, og en årlig middel driftstid på 15 timer. De benyttede emissionsfaktorer fremgår af nedenstående skema. Det forudsættes, at 65% af den omsatte effekt er fra dieselmotorer, og der regnes med et svovlindhold i brændslet på 0,1%.

Komponent	Fritidsfartøjer
SO ₂	4,2 * svovl %
CO ₂	1100
CO	200
HC	80
NO _x	4
PM 10	3

Emissionsfaktorer for fritidsfartøjer større end 6 meter.

Ud fra ovenstående kan følgende emissioner beregnes.

Parameter	Enhed	1995
Energiforbrug	PJ/år *	0,2
SO ₂	ton/år	60
CO ₂	ton/år	11.000
CO	ton/år	2.000
HC	ton/år	810
NO _x	ton/år	40
PM 10	ton/år	30

Energiforbrug og emissioner fra fritidsfartøjer 1995.

* Benzin og gasolie.

Norske undersøgelser indikerer, at emissionen fra fritidsfartøjer kan være noget større end angivet ovenfor (i størrelsesordenen 2 gange emissionerne af HC og CO).

9.10 Samlet opgørelse over energiforbrug og emissioner fra skibe 1999/2000

I nedenstående tabeller summeres energiforbrug og emissioner, der er beregnet i afsnit 9.6 til 9.9.

1999/2000

Parameter	Enhed	Færger	Handelsskibe	Erhvervsfiskefartøjer	Fritidsfartøjer
Energiforbrug	PJ/år	18,8	82,0	7,6	0,2
SO ₂	ton/år	6.160	127.000	370	60
CO ₂	ton/år	1.400.000	6.400.000	560.000	11.000
CO	ton/år	2.980	18.000	1.400	2.000
HC	ton/år	1.040	6.000	440	810
NO _x	ton/år	24.000	202.000	9.700	40
PM 10	ton/år	470	16.000	200	30

Energiforbrug og emissioner fra skibe i dansk farvand 1999/2000

Hvis ovenstående energiforbrug og emissioner summeres, fås at skibsfarten i de danske farvande resulterer i følgende:

1999/2000

Parameter	Enhed	Sum
Energiforbrug	PJ/år	108
SO ₂	ton/år	133.000
CO ₂	ton/år	8.400.000
CO	ton/år	24.000
HC	ton/år	8.300
NO _x	ton/år	236.000
PM 10	ton/år	17.000

Energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark i 1999/2000.

1995/1996

Parameter	Enhed	Færger	Handelsskibe	Erhvervsfiskefartøjer	Fritidsfartøjer
Energiforbrug	PJ/år	27,5	*	6,9	0,2
SO ₂	ton/år	7.210	*	340	2.000
CO ₂	ton/år	2.100.000	*	513.000	11.000
CO	ton/år	4.880	*	1.300	2.000
HC	ton/år	1.620	*	405	810
NO _x	ton/år	37.400	*	8.900	41
PM 10	ton/år	900	*	186	30

Energiforbrug og emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark 1995/1996.

* Det har ikke været muligt at beregne emissioner fra handelsskibe, der umiddelbart kan sammenlignes med beregninger for 1999 (se afsnit 9.7.4).

Da der ikke fremkommer et sammenligneligt tal, er det valgt ikke at summere emissionerne fra de 4 kategorier af skibe for 1995/96.

9.11 Handelsskibsbevægelser i 1995

I lighed med de beregninger, der er foretaget for færger relateret til energiforbrug og emissioner i 1996 og år 2000, skulle der også foretages en bestemmelse af ændringen i handelsskibes energiforbrug og emissioner fra 1995 til 1999. Det var meningen, at denne sammenligning skulle baseres på et databaseudtræk fra Lloyds, der var foretaget i forbindelse med Miljøprojekt nr. 367 – 1997.

Dette har imidlertid vist sig vanskeligt, da kriterierne for de 2 databasesøgninger i henholdsvis 1995 og 1999 ikke er ens.

Databasesøgningen fra 1995 omfatter skibe, der har anløb af dansk havn, sejler fra dansk havn, eller er i transit igennem danske farvande.

Databasesøgningen fra 1999 omfatter alle skibe, der sejler til en by, i det der i denne rapport er defineret som dansk farvand, eller i transit igennem farvandet. Det betyder, at databasesøgningen fra 1999 f.eks. omfatter skibe, der kommer fra Nordsøen og anløber Gøteborg, og afsejler fra Gøteborg og går ud gennem Nordsøen igen.

Dette betyder, at der i 1995 blev registreret 45.000 bevægelser mod 156.000 bevægelser i 1999. *Det er derfor ikke muligt umiddelbart at sammenligne tal fra de 2 databasesøgninger.* Det er imidlertid muligt at lave en beregning på tallene fra 1999 med de forudsætninger, der var gældende i 1995.

Derfor kan den udsejlede distance i 1995 beregnes samt den udsejlede distance i 1999, hvis tallene fra 1999 beregnes ud fra de kriterier der var gældende ved databasesøgningen i 1995.

Handelsskibe udsejler i 1995 ialt: 26.800.000 km

Handelsskibe udsejler i 1999 ialt: 24.300.000 km

9.11.1 Energiforbrug og emissioner fra handelsskibe 1995 og 2000 beregnet ud fra forudsætninger ved databasesøgning i 1995

Ud fra de aktuelt udregnede distancer er det forsøgt at beregne energiforbrug og emissioner. Herved fås følgende:

Parameter	Enhed	1995	1999
Energiforbrug	PJ/år	16,1	26,0
SO ₂	ton/år	24.000	40.000
CO ₂	ton/år	1.210.000	2.010.000
CO	ton/år	3.200	5.300
HC	ton/år	1.100	1.900
NO _x	ton/år	38.000	64.000
PM 10	ton/år	3.100	5.200

Energiforbrug og emissioner fra handelsskibe i 1995 og 1999 beregnet ud fra kriterier ved databasesøgning i 1995.

Ud fra den udregnede udsejlede distance for de enkelte handelsskibstyper er det muligt med TEMA 2000 at beregne energiforbrug og emissioner for de forskellige skibstyper, og herefter summere disse tal. Herved fremkommer det totale energiforbrug og emissioner fra handelsskibene i dansk farvand i 1995-1999 beregnet ud fra forudsætninger gældende ved databasesøgning i 1995.

Som det fremgår af ovenstående, ses en forøgelse af energiforbrug og emissioner i størrelsesordenen 40%. Dette på trods af, at de udsejlede distancer for de 2 perioder er nærlig ens.

Ovenstående beregnede forøgelse i trafikken beregnet ud fra de 2 forskellige databasesæt kan ikke bruges til at konkludere, at der generelt har været en forøgelse af trafikken i denne størrelsesorden.

10 OVERSIGT OVER EMISSIONER

For at have mulighed for at få indtryk af størrelsesordenen af emissionerne fra skibsfarten i farvandene omkring Danmark i forhold til andre kendte kilder, angives nogle af disse i nedenstående.

I nedenstående tabel ses de årlige energiforbrug og emissioner fra Danmark som helhed, fra transportsektoren vej-bane-fly, sammenlignet med emissioner fra skibsfarten beregnet i denne rapport.

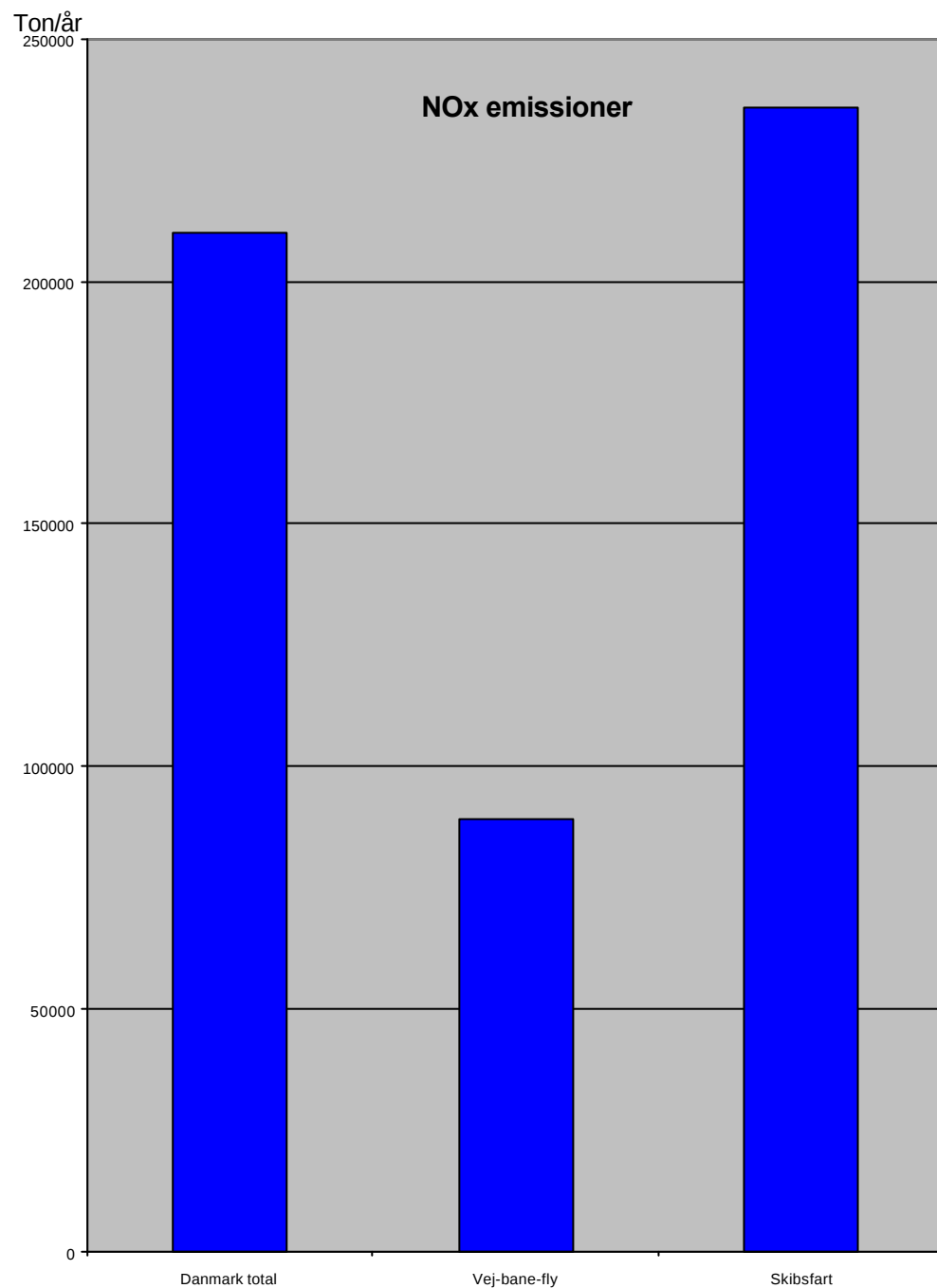
Komponent	Enhed	Danmark totalt ** 1999 ton	Transportsektor * 1998 ton	Skibsfart i farvandet omkring Danmark 1999-2000 ton
SO ₂	ton/år	56.000	2.000	133.000
CO ₂	ton/år	56.000.000	13.900.000	8.400.000
NO _x	ton/år	210.000	89.000	236.000

Energiforbrug og emissioner fra kraftværker, transportsektoren og skibsfarten.

* Kilde: Statistisk årbog 2000, Vejtransport + Jernbane + Luftfart.

** UNECE Annual Emission report 1999.

Det er af største vigtighed, at man holder sig for øje, at de beregnede energiforbrug og udledte emissioner fra skibe i farvandene omkring Danmark ikke alene kan tilskrives danske aktiviteter, men stammer fra skibe og færger fra alverdens lande, der besejler dansk farvand.



Oversigt over emissioner.

Emissionerne fra skibsfarten stammer fra skibe af mange forskellige nationaliteter, der besejler farvande omkring Danmark.

11 AFSLUTNING

I denne rapport er der fokuseret på energiforbrug og emissioner fra skibe. Det står klart, at der er tale om betydelige energiforbrug og emissioner til luften. Dette er resultatet af, at der i verden transporteres meget store godsmængder, og et meget stort antal passagerer.

Når det er sagt, skal det også gøres klart, at skibstransport alt andet lige er en miljøvenlig transportform. Med handelsskibe kan der transporteres store godsmængder for en begrænset energi- og miljøudgift pr. ton/km. Ved de transporter, hvor skibstransport er mulig, er de afledte miljøgener også gunstige for skibstransport, idet der ikke er så mange personer, der kommer til skade, få bliver direkte generet af larm og vibrationer, som ellers er kendetegnende for andre gængse transportformer som bane, vej og fly transport.

Med de mange tiltag, der er i gang omkring forskning i moderne motor og røgrensningsteknologi, er der udsigt til i fremtiden, at kunne reducere energiforbrug og udledning af emissioner.

Der er ingen tvivl om, at der i årene fremover vil være øget fokus på de miljømæssige aspekter ved skibstransport. Dette gælder indenfor skibsfartsbranchen, hos motorkonstruktører, hos rederier og hos politikere og menigmand.



Færgen "Thyco Brahe".

"Thyco Brahe" er indsat på ruten Helsingør-Helsingborg og giver i efteråret 2000 Øresundsbroen kamp til stregen.

12 LITTERATURLISTE

Alexanderson, Anders mf: Exhaust Gas Emissions from Sea Transportation.

Bloch, Niels Peter: Grønært og Bukken Bruse.

Knak, Christen: Skibsmotorlære.

Kristensen, Hans Otto: Udviklingen indenfor dansk færgesiden siden 1995.

Wright, A.A: Exhaust Emissions from Combustion Machinery.

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

Anordning angående politimyndighed for Søværnets skibe og luftfartøjer.

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

Kgl.anordning nr. 43 7 af 31. 12. 1966 om afgrænsning af Søterritoriet.

Dansk Illustreret skibsliste 1994-2001.

Dansk Elforsyning 1995-1999. Danske Elværkers forening.

Diverse brochurer fra MAN B&W.

Diverse brochurer fra New Sulzer Engines.

Diverse brochure fra Wärtsilä.

DSB's Årsberetning 1994.

Einfluss der Abgasrückführung und des katalytischen Nachbrenners an die NO_x- und. PAK-Gehalte der Abgase ein Dieselmotors. Kurki-Sufflio, 1; Vålímåkil E; Harjunpää, H. Motortechnische Zeitschrift 49 1988 (31-35).

Fiskeriårbogen 1994-99.

Færgesiden 1998 og 1999.

Håndbog for maskinmestre.

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

Janes All the Worlds Fighting Ships 1993-94.

Lloyds. Register: Marine Exhaust Emissions Research Programme.

Miljøstyrelsen. Miljøprojekt nr. 285. 1995. Traffic PAH and Other Mutagens in Air in Derimark.

Mindre danske færger- for 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. Danmarks Statistik.

Samfærdsel og turisme 1999:31. Danmarks Statistik.

Statistisk Årbog 1994-2000. Danmarks Statistik.

TEMA 2000: Et værktøj til at beregne transporters energiforbrug og emissioner i Danmark.

Hans Otto Kristensen. Bilagsrapport 2 – Beskrivelse af det skibstekniske beregningsgrundlag.

The Motorship (diverse numre).

Tidsskrift for søvæsen, nr. 4-94.

Transportsatistik 1995.
Danmarks Statistik.

Uddrag af FN's havretskonvention.

Åtgärder-Luftföroreningar från den marina sektorn. Sjöfartsverket.

13 ORDFORKLARING

Akselgenerator: En aksel generator er en generator der trækkes af skibets skrueakslen enten vha. et rem eller gear arrangment. Akselgeneratoren er energi økonomisk, idet der ikke skal være en selvstændig hjælpermotor til at drive denne. Til gengæld kan akselgeneratoren kun levere el når skibets hoved maskineri er i drift.

Bunkers: Brændstof.

Bunkre: Ornbordtage/fylde brændstof

BT.- Bruttotonnage, udtryk for et skibs totale volumen.

cSt: Udtryk for en væskes viscositet.

Displacement: 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..

Hjælpermotor: Motor der trækker en generator der leverer el til skibets eget brug. Motor og generator betegnes sammen som et hjælpermotor aggregat.

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.- Nettotonnage, 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 brændstof forbrug: Udtryk for en motors olieforbrug i gr. eller kg/kWh.

Sømil: Afstand., 1.852 km.

TEU.- Twenty feet Equivalent Unit, benyttes til at angive hvor mange containere et skib kan medtage. Hvis det f.eks. drejer sig om 400 TEU betyder dette at skibet kan laste 400 stk. 20 fods containere eller 200 stk 40 fods.

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

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

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

VLCC: Very Large Crude Carrier, Supertanker.

14 BILAGSOVERSIGT

- Bilag 1 Hurtigfærger i dansk og international fart, 2000.
- Bilag 2 Konventionelle færger i international fart, 2000.
- Bilag 3 Konventionelle færger i indenrigsfart, 2000.
- Bilag 4 Ø-færger i fart på Sjællandske ø-gruppe, 2000.
- Bilag 5 Ø-færger i fart på Jylland, 2000.
- Bilag 6 Ø-færger i fart på Fyn, 2000.
- Bilag 7 Hurtigfærger i dansk og international fart, 1996.
- Bilag 8 Konventionelle færger i international fart, 1996.
- Bilag 9 Konventionelle færger i indenrigs fart, 1996.
- Bilag 10 Ø-færger i fart på Sjællandske ø-grupper, 1996.
- Bilag 11 Ø-færger i fart på Jylland, 1996.
- Bilag 12 Ø-færger i fart på Fyn, 1996.
- Bilag 13 Energiforbrug fra hurtigfærger 1996 og 2000
- Bilag 14 Energiforbrug fra konventionelle færger 1996 og 2000
- Bilag 15 Energiforbrug fra alle færger 1996 og 2000

Hurtigfærger i dansk og International fart Grundlag for TEMA 2000 beregning 2000

Bilag 1

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
Dansk fart	km	år	km/år
Odden-Ebeltoft, Mai/Mie	47,4	10.766	510.308
Odden-Århus Mads Mols	72,2	3.640	262.808
Del sum		14.406	773.116
International fart			
København-Malmø (SL)	31,5	9.218	290.367
København-Malmø (Pilen)	31,5	10.192	321.048
København-Landskrona	27,8	3.085	85.763
København-Helsingborg	42	8.140	341.880
Kastrup-Malmø, Sifka Viking		3.750	0
Frederikshavn-Göteborg, Stena	90,8	1.620	147.096
Frederikshavn-Göteborg, Seacat*	90,8	660	59.928
Hirtshals-Kristianssand	185	656	121.360
Rønne-Ystad	70,4	3.640	256.256
Del sum		40.961	1.623.698
Total		55.367	2.396.814

Konventionelle færger i International fart Grundlag for TEMA 2000 beregning 2000

Bilag 2

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
	km	år	km/år
Helsingør-Helsingborg SL	4,8	44408	213.158
Helsingør-helsingborg HH	4,8	27396	131.501
Helsingør-Helsingborg Sbus	4,8	28912	138.778
København-Helsingb.-Oslo	525	728	382.200
København-Swinoujscie	260	516	134.160
Gedser-Rostock SL	48	5096	244.608
Gedser-Rostock Easy	48	2912	139.776
Rødby-Putgarden SL	18	32424	583.632
Rønne-Sassnitz, BhT	109	586	63.874
Rønne Ystad, Povl Anker	45	1108	49.860
Esbjerg-Harwich	240	304	72.960
Hanstholm-Egerns.-Bergen	220	480	105.600
Hanstholm-Thorshavn	185	34	6.290
Hirtshals-Kristianssand	185	1666	308.210
Hirtshals-Larvik	161	460	74.060
Hirtshals-Oslo	300	650	195.000
Frederikshavn-Larvik	220	786	172.920
Frederikshavn-Oslo	300	656	196.800
Frederikshavn-Göteborg	90,8	4324	392.619
Grenå-Varberg	116	1456	168.896
Total		154.902	3.774.902

Konventionelle færger i i indenrigs fart Grundlag for TEMA 2000 beregning 2000

Bilag 3

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
	km	år	km/år
København-Rønne	200	850	170000
Kalundb-Århus (Maren Mols) *	90,7	3744	339580,8
Tårs-Spødsbjerg	14,8	14560	215488
Bøjden-Fynshav	13,9	5224	72613,6
		24.378	797.682

Ø-færger i fart på Sjælland Grundlag for TEMA 2000 beregning

2000

Bilag 4

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
	km	år	km/år
Hundested-Rørvig	5,6	10.610	59.416
Stubbekøbing-Bogø	2,4	1.760	4.224
Bandholm-Askø	7,04	4.476	31.511
Kragenæs-Femø	12,96	5.134	66.537
Kragenæs-Fejøl	2,32	15.214	35.296
Stignæs-Omø	12,04	5.452	65.642
Stignæs-Agersø	2,78	11.294	31.397
Kalundborg-Kolby Kås	41,5	1.630	67.645
Havnsø-Sejerø	20,4	3.986	81.314
Nekselø-Havnsø			0
Holbæk-Orø	8,33	7.274	60.592
Hammerbakke-Orø	0,7	40.768	28.538
Kulhuse-Sølager	0,95	15.000	14.250
Kalvehave-Lindholm			0
		122.598	546.363

Ø-færger i fart på Jylland

Grundlag for TEMA 2000 beregning

2000

Bilag 5

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
	km	år	km/år
Esbjerg-Fanø *	2,6	26.174	68.052
Thyborøn-Agger *	2,1	14.211	29.843
Frederikshavn-Læsø	27,78	2.776	77.117
Hals-Egense *	0,56	44.692	25.028
Udbyhøj-			0
Grenå-Anholt	48,15	478	23.016
Hou-Sælvig *	19,8	4.898	96.980
Hou-Tunø (Kattegat) *	12,5	1.328	16.600
Horsens-Snaptun-Endelave*	30	1.976	59.280
Snaptun-Endelave	17,59		0
Snaptun-Hjarnø	0,74		0
Årøsund-Årø *	2,5	14.226	35.565
Hardeshøj-Ballebro *	1,7	19.394	32.970
Næssund Thy-Næss. Mors *	0,9	23.058	20.752
Kleppen-Venø *	0,28	46.500	13.020
Feggesund-Arup Holme *	0,93	27.920	25.966
Branden-Fur *	0,5	50.608	25.304
Sundsøre-Hvalpsund *	1,6	21.520	34.432
Rønbjerg-Livø			0
Barsøland-Barsø			0
		299.759	583.925

Ø-færger i fart på Fyn

Grundlag for TEMA 2000 beregning

2000

Bilag 6

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
	km	år	km/år
Assens-Båge *	6,48	3.426	22.200
Fåborg-Avernakø-Lyø *	24,08	4.326	104.170
Fåborg-Søby *	17,41	3.210	55.886
Søby-Mommark *	18,52	1.788	33.114
Svendborg-Ærøskøbing *	22,5	4.038	90.855
Svendb-Skarø-Drejø *	22,8	3.010	68.628
Rudkøbing-Strynø *	7,41	4.886	36.205
Rudkøbing-Marstal *	17	3.762	63.954
		28.446	475.013

Hurtigfærger i dansk og International fart Grundlag for TEMA 2000 beregning 1996

Bilag 7

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
Dansk fart	km	år	km/år
Odden-Ebeltoft, Mai/Mie	47,4	10800	511.920
Kalundborg-Århus Cat link	88	7920	696.960
Del sum		18.720	1.208.880
International fart			
København-Malmø	31,5	22108	696.402
Kastrup-Malmø Sifka Viking	24,1	3750	90.375
København-Landskrona	27,8	3484	96.855
Frehavn-Göteborg, Stena	90,8	3500	317.800
Gedser-Rostock, Berlin Express	57	2160	123.120
Del sum		35.002	1.324.552
Total		53.722	2.533.432

Konventionelle færger i International fart Grundlag for TEMA 2000 beregning 1996

Bilag 8

Rute	Afstand km	Enkeltture år	Udsejl dist km/år
Helsingør-Helsingborg	4,8	41880	201.024
Helsingør-Helsingborg Sbus	4,8	27206	130.589
København-Helsingb.-Oslo	525	720	378.000
København-Swinoujscie	260	654	170.040
Rønne-Swinoujicie	148	20	2.960
Gedser-Rostock Easy	51	2563	130.713
Rødby-Putgarden DSB/DB	18	35970	647.460
Rønne-Sassnitz, BHT	110	180	19.800
Rønne-Mukrann	109	312	34.008
Rønne Ystad, Povel Anker	70,4	1660	116.864
Esbjerg-Harwich	240	308	73.920
Esbjerg-Newcastle	180	102	18.360
Hanstholm-Kristianssand	135	2144	289.440
Hanstholm-Bergen	220	468	102.960
Hirtshals-Kristianssand	185	2144	396.640
Hirtshals-Oslo	300	640	192.000
Frederikshavn-Larvik	220	744	163.680
Frederikshavn-Oslo	300	596	178.800
Frederikshavn-Göteborg	90,8	6898	626.338
Frederikshavn-Moss			0
Grenå-Varberg	116	1386	160.776
Dragør-Limhamn	16,4	10800	177.120
Grenå-Halmstad	120	1366	163.920
Bagenkop-Kiel	62,8	1414	88.799
Halvskov-Kiel	140	564	78.960
Faaborg-Gelting	48,8	1400	68.320
Rømø-Sylt	10,3	6198	63.839
København-Helsingborg DL	42	6244	262.248
Esbjerg-Thorshavn	230	26	5.980
		154607	4.943.559

Konventionelle færger i indenrigs fart Grundlag for TEMA 2000 beregning 1996

Bilag 9

Rute	Afstand km	Enkeltture år	Udsejl dist km/år
Hundested-Grenå	78	1080	84.240
Århus-Kalundborg	88	7080	623.040
Odden-Ebeltoft	47,4	9138	433.141
Kattegatbroen	69,2	3016	208.707
Halskov-Knudshoved	19	25940	492.860
Korsør-Nyborg (IC)	25,5	17578	448.239
Kørsør-Nyborg, Vognmand	25	15656	391.400
Tårs-Spødsbjerg	14,7	19124	281.123
Bøjden-Fynshav	15	4978	74.670
København-Rønne	185	852	157.620
		104.442	3.195.040

Ø-færger i fart på Sjælland

Grundlag for TEMA 2000 beregning

1996

Bilag 10

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
	km	år	km/år
Hundested-Rørvig	5,6	10.610	59.416
Stubbekøbing-Bogø	2,4	1.760	4.224
Bandholm-Askø	7,04	4.476	31.511
Kragenæs-Femø	12,96	5.134	66.537
Kragenæs-Fejøl	2,32	15.214	35.296
Stignæs-Omø	12,04	5.452	65.642
Stignæs-Agersø	2,78	11.294	31.397
Kalundborg-Kolby Kås	41,5	1.630	67.645
Havnsø-Sejerø	20,4	3.986	81.314
Nekselø-Havnsø			0
Holbæk-Orø	8,33	7.274	60.592
Hammerbakke-Orø	0,7	40.768	28.538
Kulhuse-Sølager	0,95	15.000	14.250
Kalvehave-Lindholm			0
		122.598	546.363

Ø-færger i fart på Jylland

Grundlag for TEMA 2000 beregning

1996

Bilag 11

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
	km	år	km/år
Esbjerg-Fanø *	2,6	26.174	68.052
Thyborøn-Agger *	2,1	14.211	29.843
Frederikshavn-Læsø	27,78	2.776	77.117
Hals-Egense *	0,56	44.692	25.028
Udbyhøj-			0
Grenå-Anholt	48,15	478	23.016
Hou-Sælvig *	19,8	4.898	96.980
Hou-Tunø (Kattegat) *	12,5	1.328	16.600
Horsens-Snaptun-Endelave*	30	1.976	59.280
Snaptun-Endelave	17,59		0
Snaptun-Hjarnø	0,74		0
Årø Sund-Årø *	2,5	14.226	35.565
Hardeshøj-Ballebro *	1,7	19.394	32.970
Næssund Thy-Næss. Mors *	0,9	23.058	20.752
Kleppen-Venø *	0,28	46.500	13.020
Feggesund-Arup Holme *	0,93	27.920	25.966
Branden-Fur *	0,5	50.608	25.304
Sundsøre-Hvalpsund *	1,6	21.520	34.432
Rønbjerg-Livø			0
Barsøland-Barsø			0
		299.759	583.925

Ø-færger i fart på Fyn
Grundlag for TEMA 2000 beregning

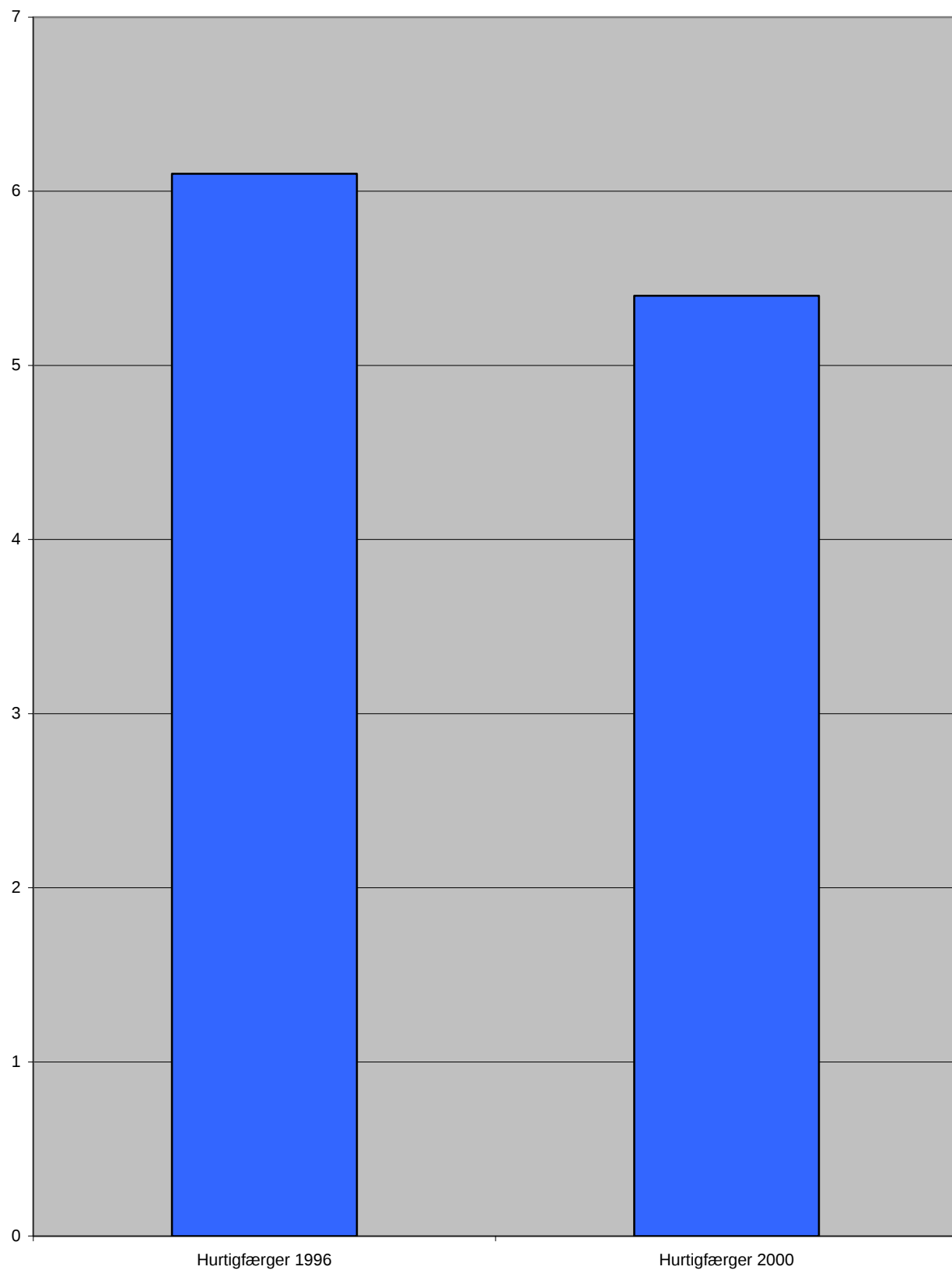
2000

Bilag 12

Rute	Afstand	Enkeltture	Udsejl dist
	km	år	km/år
Assens-Båge	6,48	3.426	22.200
Fåborg-Avernakø-Lyø	24,08	4.326	104.170
Fåborg-Søby	17,41	3.210	55.886
Søby-Mommark	18,52	1.788	33.114
Svendborg-Ærøskøbing	22,5	4.038	90.855
Svendb-Skarø-Drejø	22,8	3.010	68.628
Rudkøbing-Strynø	7,41	4.886	36.205
Rudkøbing-Marstal	17	3.762	63.954
		28.446	475.013

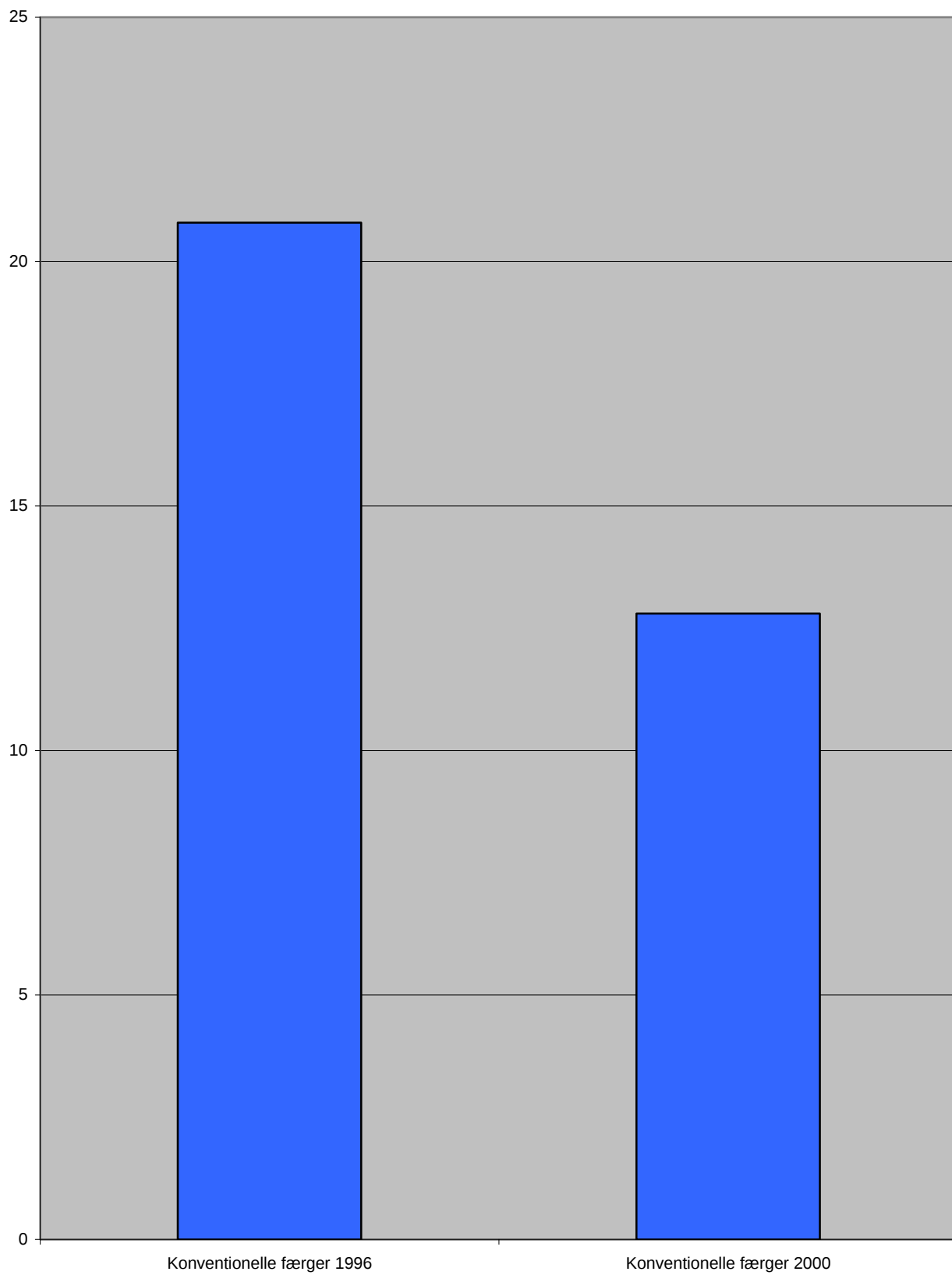
Energiforbrug hurtigfærger
Bilag nr. 13

PJ/år



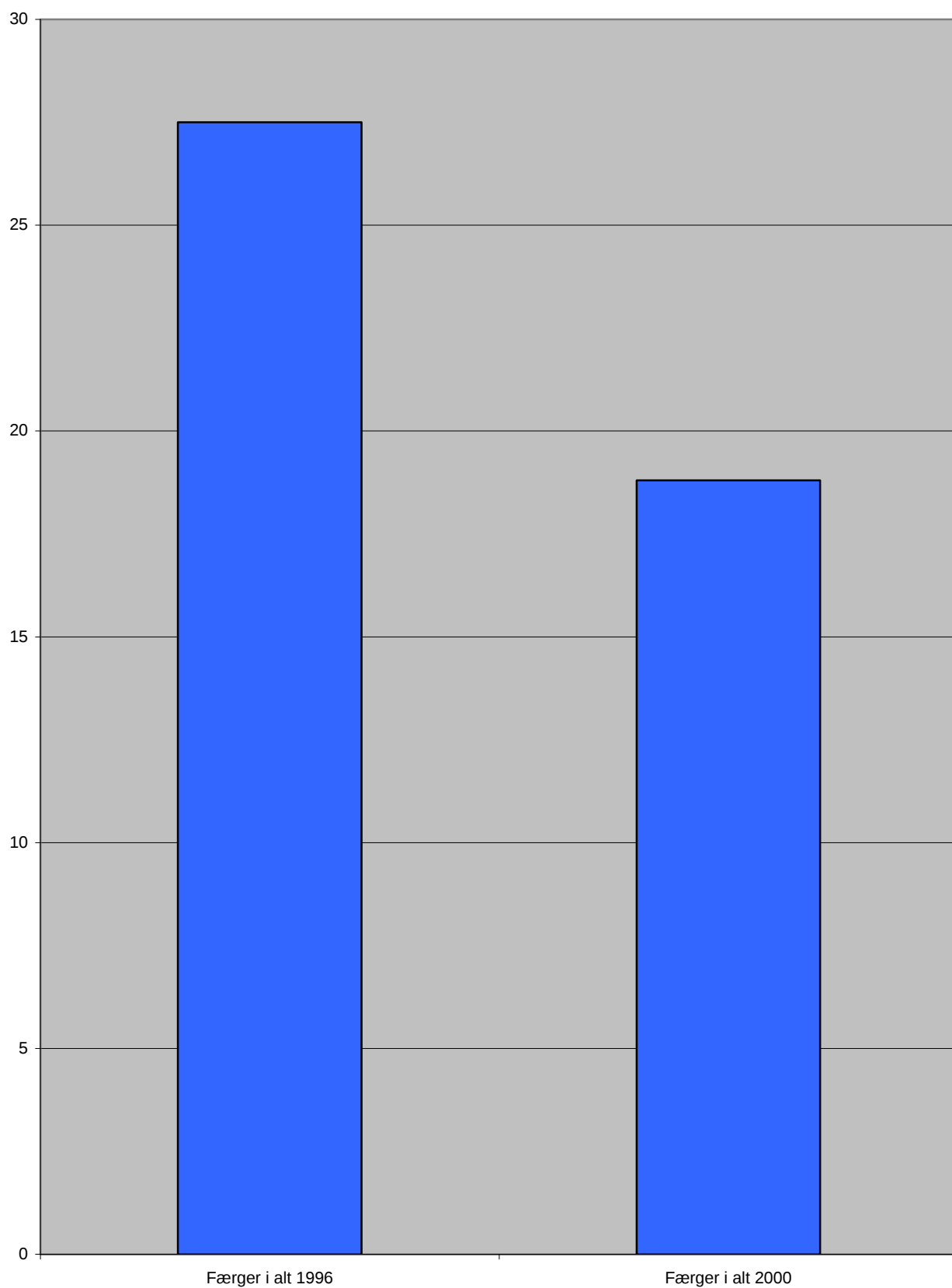
Energiforbrug konventionelle færger
Bilag nr. 14

PJ/år



Samlet energiforbrug fra færger
Bilag nr. 15

PJ/år



Bilag 13**Hurtigfærger 96-20**

	PJ/år
Hurtigfærger 1996	6,1
Hurtigfærger 2000	5,4

Bilag 14

	PJ/år
Konventionelle færger 1996	20,8
Konventionelle færger 2000	12,8

Bilag 15

	PJ/år
Færger i alt 1996	27,5
Færger i alt 2000	18,8