



Rapport 0708

Bjørn Foss, Svein Bråthen og Jan Husdal

Sjøtransport og utslipp til luft

Utviklingstrekk 1997-2007



MØREFORSKING
Molde AS

Bjørn Foss, Svein Bråthen og Jan Husdal

SJØTRANSPORT OG UTSLIPP TIL LUFT

Utviklingstrekk 1997-2007

Rapport 0708

ISSN 0806-0789
ISBN 978-82-7830-111-1
Møreforsking Molde AS
Juli 2007

Tittel: Sjøtransport og utslipp til luft.
Utviklingstrekk 1997-2007

Forfattere: Bjørn Foss, Svein Bråthen og Jan Husdal

Rapport nr.: 0708

Prosjektnr.: 2162

Prosjektnavn: Sjøtransport, energibruk og miljø

Prosjektleder: Bjørn Foss

Finansieringskilde: Rederienes Landsforening

Rapporten kan bestilles fra: Høgskolen i Molde, biblioteket,
Boks 2110, 6402 MOLDE.
Tlf.: 71 21 41 61,
Faks: 71 21 41 60,
epost: biblioteket@himolde.no www.himolde.no
Sider: 66
Pris: Kr 100,-
ISSN 0806-0789
ISBN 978-82-7830-111-1

Kort sammendrag:

Denne rapporten viser energibruken for utvalgte cases når det gjelder valg av sektor innen sjøtransport, og når det gjelder valg av strekning, med perspektiv på teknologisk utvikling i siste 10-års periode. Rapporten gir følgende hovedkonklusjoner:

Sammenlignet med andre transportmidler er sjøtransport et miljømessig gunstig alternativ når det gjelder godstransport. Når det gjelder passasjertransport derimot er dette ofte ikke tilfelle, særlig i forbindelse med hurtigbåtoperasjoner. Dersom passasjertransport skal være miljømessig gunstig, kreves det en vesentlig kortere transportdistanse.

Seilingshastighet har generelt en stor betydning for energibruk. Gassdrift kan bety en viss reduksjon i CO₂-utslipp og en vesentlig reduksjon i NO_x-utslipp, men denne effekten blir fort spist opp dersom hastigheten blir økt. Modifikasjoner av propeller og skrog kan også ha betydning.

En analyse av energibruken ved et ferjeavløsningsprosjekt sammenlignet med fortsatt ferjedrift (Eiksundsambandet) viser at tunnelkonseptet har knappe 50 % høyere samlet energibruk og utslipp enn fortsatt ferjedrift i et 25 års perspektiv. Ser vi på de variable forbrukstallene knyttet til selve måten å krysse fjorden på (altså kjøretøyers energibruk samt energibruk knyttet til drift og vedlikehold av ferjer og tunnel/vegssystem) ligger ferjeløsningen om lag 20 % høyere pr år. Tunnelen kommer dårligere ut grunnet energibruk knyttet til selve anlegget. Går vi langt fram i tid (45-90 år), kan tunnelen samlet sett bli mer energieffektiv, men usikkerheten ved dette øker.

FORORD

Denne rapporten er skrevet på oppdrag fra Rederienes Landsforening. Vi har sett på de miljømessige virkninger ved sjøtransport sammenlignet med andre transportmidler i aktuelle konkurransesituasjoner. Rapporten er en oppdatering av et arbeid som ble gjort i 1997 av de samme forfatterne. Denne rapporten vurderer også den teknologiske utviklingen som har vært i denne 10-års perioden, og hva som kan ventes i årene som kommer. Den inkluderer ikke analyser av egnet virkemiddelbruk for å redusere energibruken.

Oppdragsgivers kontaktpersoner har vært adm. dir. Harald Thomassen, Rederienes Landsforening (RLF), og adm. dir. Anker Grøvdal Fjord1/MRF (RLs FoU-utvalg).

Prosjektet er ledet av Bjørn Foss, med Svein Bråthen og Jan Husdal som medarbeidere.

Vi takker alle som har bidratt med informasjon, synspunkter og data. Liste over kontaktpersoner er gitt under referansene bakerst i rapporten.

Molde, 6. august 2007

Forfatterne

INNHOOLD

A	KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG	7
1	INNLEDNING	17
2	GASSFERJE VS. DIESELFERJE SØLSNES-ÅFARNES.....	19
3	FORBEDRINGER VED HURTIGBÅTER	25
4	HURTIGBÅT ELLER FLY TROMSØ-HARSTAD	31
5	HURTIGRUTEN BERGEN-KIRKENES.....	37
6	GODSTRANSPORT MED TOG, SKIP OG LASTEBIL.....	45
7	TAUBÅTER OG SUPPLYSKIP	51
8	FERJEAVLØSNING: EIKSUNDSAMBANDET	57
	REFERANSER.....	65

A KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

Denne rapporten viser energibruken for utvalgte cases når det gjelder valg av sektor innen sjøtransport, og når det gjelder valg av strekning, med perspektiv på teknologisk utvikling i siste 10-års periode. Rapporten gir følgende hovedkonklusjoner:

GENERELLE TREKK

1. Sammenlignet med andre transportmidler er sjøtransport et miljømessig gunstig alternativ når det gjelder godstransport. Når det gjelder passasjertransport derimot er dette ikke tilfelle, særlig i forbindelse med hurtigbåtoperasjoner. Dersom passasjertransport skal være miljømessig gunstig, kreves det en vesentlig kortere transportdistanse enn konkurrerende transport.
2. Gassdrift kan gi reduksjoner i CO₂ utslipp på opp mot 20-25 % sammenlignet med dieseldrift. Imidlertid blir miljøeffekten redusert på grunn av et utslipp av uforbrent metan. En vil derfor kunne regne med en miljøgevinst når det gjelder utslipp av drivhusgasser på 12-15 % ved å gå over til gassdrift for skip, gitt at seilingshastigheten ikke blir endret.
3. Gassdrift vil gi store reduksjoner i utslipp av NO_x i størrelsesorden 70 – 85 % sammenlignet med dieselmotorer.
4. Katalysatorer basert på urea vil kunne gi betydelige reduksjoner i NO_x utslipp fra dieselmotorer. Effekten av rensing vil imidlertid i vesentlig grad være avhengig av fartøyets driftsprofil. Operasjoner over korte strekninger vil ha liten effekt, da eksos-temperaturen må være høy for å være effektiv.
5. Motortekniske forbedringer på dieselmotorer har i de senere år ført til reduksjon i NO_x utslipp på 10-15%. Det har imidlertid ikke vært reduksjoner i CO₂ utslipp.
6. Vi har ikke vurdert netto utslippseffekter bruk av biodiesel. Dette er ennå relativt nytt, og informasjonen om den indirekte energibruken er ikke entydig positiv i biodiesels favør, se f eks Cornell (2005). I tillegg kan biodiesel ha andre virkninger, som f eks fortregning av areal til matproduksjon. Den teknologiske utviklingen på dette feltet kan gi forbedringer, man er fortsatt i tidligfasen
7. Vi har kun antydnet effekter av brenselcelleteknologi, som også er i tidligfasen.

GASSFERJER VS. DIESELFERJER

En sammenligning er gjort av utslipp for en gassferje (m/f *Glutra*) sammenlignet med en dieseldrevet ferje (m/f *Eira*) på ferjesambandet Sølsnes – Åfarnes i Møre og Romsdal. Ferjene har omtrent samme bilkapasitet (ca. 90 pbe) og tilsvarende størrelse på hovedmotor (2700 – 2500 kW)

En sammenligning av CO₂ utslipp for de to ferjene viste at gassferjen *Glutra* hadde noe høyere utslipp enn *Eira* pr. pbe. Dette hang sammen med at *Eira* i 2005 fraktet 92 000 flere pbe i sambandet enn *Glutra* fraktet i 2003. Med utgangspunkt i tilbudt kapasitet derimot hadde *Glutra* 15 % lavere CO₂ utslipp per pbekm. For NO_x var utslippet 70 % lavere.

I 2007 har Fjord 1 satt inn 5 gassferjer i samband i Sunnhordland og Rogaland. For å oppfylle krav fra myndighetene om kortere reisetid mellom Stavanger og Bergen har de nye ferjene større hastighet enn de som ble erstattet. Tre ferjer har en marsjfart på 21 knop og to en marsjfart på 17 knop. De eldre ferjene hadde en marsjfart på 13-14 knop. På tross av gassdrift vil dette føre til en relativ økning i CO₂ utslipp på ca. 40 %. Vi ser her tydelig at ønske om bedret transportstandard står i sterk motsetning til ønsker om å redusere utslipp av klimagasser.

Beregninger viser at overgang til gassdrift i de aktuelle sambandene kan føre til en reduksjon i CO₂ utslipp på 25 % sammenlignet med tilsvarende hurtiggående ferjer utstyrt med dieselmotorkraft. Til fradrag i klimaregnskapet kommer utslipp av uforbrent metan. For NO_x antyder beregninger reduksjoner i utslipp med ca. 85 %.

FORBEDRINGER VED HURTIGBÅTER

Bortsett fra bygging av fartøyer med skrog i karbonfiber, har det vært beskjedne forbedringer i hurtigbåtteknologi de siste ti årene. På nye hurtigbåter er det stort sett vært satset på bedret komfort, framfor miljømessige tiltak. Nye hurtigbåter har i enkelte tilfeller hatt et høyere bunkersforbruk og derav CO₂ utslipp enn de fartøyene som blir erstattet. Dette skyldes for en stor del at de er større og ikke minst mer hurtiggående.

Brødrene Aa leverte sin første hurtigbåt bygd i karbonfiber, *Rygerdoktoeren*, en 18 m. lege/ambulansesebåt, i 2002. I følge Brødrene Aa innebærer bruk av karbonfiber en reduksjon i skrogvekt på 40 % sammenlignet med tradisjonelle byggematerialer for hurtigbåter.

Stavangerske har fått levert tre katamaraner bygd i karbonfiber. Hver av disse har en passasjerkapasitet på 180. Sammenlignet med en tradisjonell katamaran av samme

størrelse bygd i 1991, er hovedmotorenes effekt redusert fra 2 x 1500 kW til 2 x 749 kW. I følge rederiet er bunkersforbruket i rutedrift redusert fra 350 til 284 liter/time.

Katalysator har vært forsøkt av Nesodden-Bundefjord Dampskipsselskap i en 36 m. katamaran, for å få ned utslippene av NO_x. Med den korte reisetiden mellom Oslo og Nesoddtangen virket ikke katalysatoren tilfredsstillende. Den ble derfor demontert.

Katalysator kan være aktuelt i ruter med lengre seilingsdistanser. I følge Marintek kan det forventes virkningsgrader for katalysatorer på 25-80 % i skip avhengig av operasjonsprofil. Et alternativ til katalysator er vanninjisering, men virkningen av dette vil være mindre enn ved bruk av katalysator.

I følge Marintek kan ikke gassdrift av hurtigbåter avskrives på sikt, selv om gassdrift i dag innebærer betydelige problemer knyttet til vekt og plasskrav. Som følge av dette vil det være nødvendig med hyppig bunkring.

Det foregår et utviklingsarbeid for å bedre virkningsgrad for propell og vannjetanlegg. Erfaringer ved ettermontering av interseptor (spoiler på tvers mellom skrogene på katamaraner) viser at det kan oppnås reduksjoner i bunkersforbruk på ca. 5 %.

HURTIGBÅT ELLER FLY

I ruten mellom Tromsø og Harstad ble det i 2005 satt inn to nye Fjellstrandkatamaraner til erstatning for to katamaraner anskaffet i 1994-95. De nye fartøyene reduserte reisetid mellom Tromsø og Harstad med 20 minutter. Trafikken steg med 14 % fra utgangen av 2004 til utgangen av 2006. De nye fartøyene hadde imidlertid et vesentlig høyere bunkersforbruk enn de eldre fartøyene.

Hurtigbåtruten konkurrerer med fly mellom Tromsø og Harstad på gjennomgående transporter. Widerøes flyrute opereres i dag med fly av typen Dash 8/100 med plass til 39 passasjerer. Iberegnet buss fra Harstad til Evenes er reisetiden med fly 2 timer 10 minutter. I 2006 reiste det 21 000 passasjerer med fly mellom Tromsø og Evenes, men det reiste ca. 90 000 passasjerer med hurtigbåt mellom Tromsø og Harstad. Det er grunn til å legge merke til at hurtigbåtene her også løser et lokalt transportbehov for de som benytter mellomliggende stopp. Vi har ikke vurdert om dette kunne vært løst på en alternativ måte som hadde ivaretatt befolkningens behov.

CO₂ utslippet per passasjer som reiser med hurtigbåt mellom Tromsø og Harstad er beregnet til knappe 100 kg. Tilsvarende utslipp for hver flypassasjer iberegnet tilbringertjeneste med buss er anslått til 60 kg. For NO_x utslipp er tallene henholdsvis 1,5 kg. og 0,25 kg.

Årsaken til det relativt store utslippet per passasjer for hurtigbåten ligger i den lave gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelsen. Per sete er CO₂ utslippet ca 20 kg mellom Tromsø og Harstad for hurtigbåten mot ca 30 kg for Dash 8. NO_x utslippet per sete på strekningen er imidlertid dobbelt så høyt for hurtigbåten som for Dash 8.

For at CO₂ utslippet per passasjer skal bli det samme for hurtigbåten som for dagens flytrafikk, må det totale passasjertall øke til 364 000 passasjerer i ruteområdet, forutsatt at den relative fordeling mellom anløpstedene blir den samme som i dag. Da snakker vi om en firedobling av passasjertallet.

En reduksjon av hastigheten på hurtigbåtene fra 37 til 34 knop vil trolig redusere CO₂ utslippet per passasjer mellom Tromsø og Harstad (forutsatt samme trafikk som i dag) med ca. 13 kg, eller rundt 12 %.

HURTIGRUTEN

Siden 1996 har Hurtigruten fått fire nye skip. De tre siste, som er levert i 2002-2003, har en ca. 30 % økning i passasjerkapasiteten i forhold til skipene bygd tidligere på 1990-tallet. Kapasiteten på bildekk er omtrent uforandret sammenlignet med disse skipene. I alle skipene bygd fra og med 1996 har godskapasiteten vært uforandret.

Opprinnelig var hurtigruteskipene bygd for tungoljedrift. I dag benyttes imidlertid lettere bunkersoljer som gir reduserte svovelutslipp. Det har vært gjort forsøk med vanninjeksjon på tre skip for å redusere NO_x utslippene. Disse forsøkene svarte ikke til forventningene og anleggene ble demontert. Vanninjeksjon førte dessuten til en viss økning i bunkersforbruket.

I 1995 ble det foretatt propellsift på m/s *Lyngen*. Dette førte til en reduksjon i bunkersforbruk på 4,5 % per rundtur sammenlignet med søsterskipet m/s *Vesterålen*. Dette viser at et relativt enkelt teknisk grep kan gi god uttelling.

Utslippene knyttet til passasjertransport er redusert med ca. 25 % fra m/s *Kong Harald* bygd i 1993 til m/s *Midnatsol* bygd 10 år senere.

På strekningene Trondheim - Bodø og Trondheim – Tromsø er utslippene per passasjer med Hurtigruten ca. 80 % høyere enn med fly av typen Boeing 737/500. Fly har derimot omtrent tre ganger høyere CO₂ utslipp enn tog. Buss oppviser det laveste utslippet per passasjer med de kapasitetsutnyttelser benyttet i utslippskalkulatorene. Mellom Bodø og Trondheim ville en bussrute ha et CO₂ utslipp som bare utgjør 20 % av fly. I dag tilbys imidlertid ikke bussrute på strekningen.

Det er kanskje ikke helt dekkende å sammenligne utslippstallene for Hurtigruten med utslippene fra andre transportmidler. Hurtigruteskipene er nærmest å se på som flytende hoteller. Dette fører til at det "fraktes" vesentlig mer enn det som strengt tatt er nødvendig for ren passasjertransport. Vi har ikke vurdert utslipp fra hurtigruteskipene med cruiseskip som driver ren turisttrafikk.

På norske stamflyruter benyttes det i dag forskjellige varianter av Boeing 737. For disse flyene har det ikke foregått noen endring i CO₂ utslippene fra de fly som var i rute i 1996 til nyere utgave av samme flytype. Heller ikke på NO_x utslipp har det vært endringer av betydning. Tidligere ble fly av typene MD-82 og MD-83 benyttet. I forhold til 737 fly med samme kapasitet var CO₂ utslippene ca. 20 % høyere. Når det gjelder utslipp av NO_x er reduksjonen nesten 40 %.

GODSTRANSPORT MED TOG, SKIP OG LASTEBIL

Det er ikke bygd kystgodsskip for ruter på Norskekysten siden 1980-årene. Hurtigruten tilbyr daglige seilinger mellom anløpsstedene på kysten. Kystgodsrutene i Nord-Norge har inntil tre ukentlige seilinger til havner sør for Tromsø, lenger nord er tilbudet to ukentlige seilinger til Hammerfest og en gang per uke til Kirkenes.

Siden 1996 er det satt inn nye lokomotiver på Nordlandsbanen.

Kravene til teknologi er mer eksplisitte for lastebiltransport enn for skipsfarten. Dette kan ha bidratt til en sterkere miljøfokus her enn når det gjelder skipsmotorer, som særlig slår ut på utslipp av NO_x og partikler. EU standarder har redusert NO_x utslippet fra nye lastebilmotorer fra 2005 med 50 % sammenlignet motorer produsert i 1996. For utslipp av partikler krever standarden en reduksjon på ca. 80 % sammenlignet med 1996. Med "Euro V" standarden, som trer i kraft i 2008, kreves en ytterligere reduksjon i NO_x utslipp på 40 %.

Basert på visse forutsetninger om kapasitetsutnyttelse er forbruket i liter per tonnkm. for:

- Hurtigruten: 0,020 – 0,034
- Kystgodsskip: 0,010 – 0,012
- Vogntog (Euro IV): 0,016
- Jernbane, (diesellokomotiver): 0,010 – 0,011

Større skip har gunstigere bunkersforbruk per tonnkm. Nye på 5000 tdw. skip kontrahert av Seatrans, har et relativt bunkersforbruk som er 25-30 % lavere enn for de eldre kystgodsskipene på 2000 – 2600 tdw.

Godsrutenes miljømessige fortrinn forsvinner med økende hastighet. Som et eksempel vil et 14 000 tdw ro-ro skip med en hastighet på 20 knop mellom Harstad og Stavanger, ha et relativt CO₂ utslipp som er omtrent tilsvarende en semitrailer på samme strekning. Her er seilingsdistansen 1120 km mot 1760 km på vei. En reduksjon i skipets hastighet til 15 knop vil trolig føre til at CO₂ utslippet blir nær halvert i forhold til semitraileren.

På strekningen Trondheim – Bodø vil kystgodsskip ha lavere CO₂ enn alternative transportmidler. Tog vil ha 15 % høyere CO₂ utslipp pr. tonn transportert enn kystgodsskip av den type som nå seiler på denne kyststrekningen. For vogntog er CO₂ utslippet ca. 70 % høyere per tonn enn for kystgodsskipene. Når det gjelder NO_x utslipp per tonn transportert kommer også sjøtransport gunstig ut på denne strekningen. Unntaket er sammenlignet med vogntog med motorer som oppfyller Euro IV kravene. I slike tilfeller har lastebilene mellom 25 og 30 % lavere utslipp enn kystgodsskipene.

Den faktiske forskjell vil imidlertid være avhengig av transportmidlenes faktiske kapasitetsutnyttelse, variasjoner i godsmengde i sør eller nordgående retning, behov for returlast etc. På de enkelte strekninger vil forskjellene i utslipp variere med den faktiske transportdistanse som tilbakelegges av det enkelte transportmiddel. Mens transporter mellom Ålesund og Stavanger for eksempel vil være i sjøtransportens favør. Transporter mellom Nord-Norge og Oslofjordområdet med skip derimot må tilbakelegge vesentlig lenger distanser enn transport med tog eller bil.

Gassdrift er mulig på kystgodsskip. Imidlertid må dette komme inn ved nybygging. Ombygginger av eksisterende skip til gassdrift er ikke sett på som et realistisk alternativ. Ved gassdrift vil det mest hensiktsmessige være å benytte seg av dual fuel motorer som kan benytte både gass og diesel i de tilfeller hvor bunkringsmuligheter i deler av ruteområdet er begrenset.

TAUBÅTER OG SUPPLYSKIP

Et betydelig antall supplyskip og taubåter opereres av norske rederier. Østensjø Rederi A/S er et eksempel på et rederi som er engasjert i slik virksomhet med bl.a. 8 supplyskip og 11 taubåter.

De nyere offshoreskipene er i større grad enn tidligere konstruert for å ta seg av flere typer oppdrag. Driften og oppdragenes art har større innvirkning på bunkersforbruk og derav utslipp, enn eventuelle besparelser av teknisk art.

Skipene bygges med et økende antall hovedmotorer for å oppnå bedre operasjonell fleksibilitet. Dessuten utstyres skipene med thrustere eller Voith Schneider propeller for bedre manøvreringsevne.

Utvikling av taubåter har vært fokusert på å bygge inn flere funksjoner i fartøyene. Det har også vært satset på bedret manøvreringsevne ved hjelp av azimuth thrustere eller Voith Schneider propeller. Også for taubåter vil bunkersforbruket variere sterkt med operasjonene. Fra Østensjø Rederi A/S forsøkes det å få inn avtaler med charterer som gir muligheter for å kunne operere med lavere hastigheter for å spare drivstoff og dermed redusere CO₂ og NO_x utslipp.

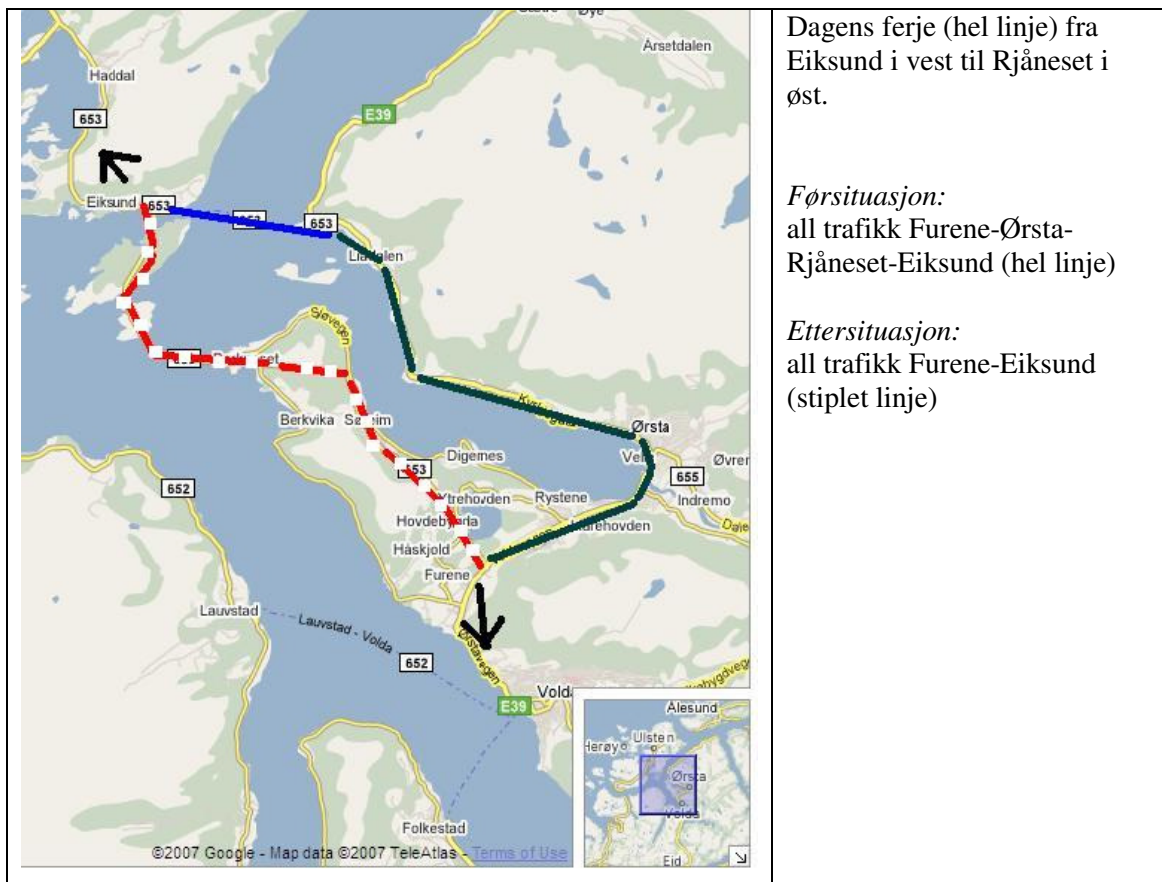
Bruk av biodiesel og gass ses på som alternative drivstoffer for skip som skal opereres lokalt, der lokale miljøvirkninger skapt av NO_x og svovel er størst. På fartøyer som skal operere i Norge kan det være aktuelt å installere katalysatorer for å redusere NO_x utslippene. Flere av rederiets skip kan være ute i lang tid før de kommer til havn. I disse skipene ser ikke representanter fra næringen på gassdrift som et realistisk alternativ, fordi drivstoffet er plasskrevende.

Eidesvik Offshore ASA har flere gassdrevne forsyningskip. Disse skipene er utstyrt med dual fuel anlegg som kan gå på både gass og diesel. Erfaringer fra rederiets første gassdrevne skip viser at det kjøres på gass ca. 92 % av driftstiden. NO_x utslippene ble redusert med 89 % sammenlignet med tilsvarende dieseldrevne skip. Dette rederiet er sterk engasjert i utvikling av brenselcelleteknologi i samarbeid bl.a. med Det norske Veritas. Som følge av dette vil et 7-800 kW anlegg bli installert i et av rederiets skip i 2008. En naturlig oppfølging av dette blir å installere et fullskala anlegg i et nytt skip i løpet av tre år dersom markedet skulle ønske det.

UNDERSJØISK TUNNEL VS FERJEFORBINDELSE

Figur 1 viser Eiksundsambandet

Figur 1: Eiksundsambandet



Eiksundsambandet er under bygging, og det innebærer avløsning av ferje samt en viss økning i kjøredistanse når vi tar med den undersjøiske tunnelen og tilstøtende vegnett. Tabellen nedenfor summerer opp de samlede utslippsmengdene for henholdsvis **tunnel og kjøretøy** og **ferje og kjøretøy** for en 25 års periode. Fast infrastruktur har lang levetid, derfor har vi nedenfor anslått den tid det vil ta før tunnelen vil være en bedre løsning energibruksmessig, enn ferjedrift.

Tunnelkonseptet har høyere samlet energibruk og utslipp enn fortsatt ferjedrift, forskjellen er om lag 48 % for denne perioden. Ser vi på de variable forbrukstallene knyttet til selve måten å krysse fjorden på (altså kjøretøyers energibruk samt energibruk knyttet til drift og vedlikehold av ferjer og tunnel/vegsystem – ikke energibruk knyttet til anlegg) ligger ferjeløsningen om lag 20 % høyere pr år. Tunnelen kommer dårligere ut i tabellen nedenfor grunnet energibruk knyttet til selve anlegget.

Tabell 1: Energibruk og utslipp for Eiksundsambandet

	Forbruk mill liter	Mill kg CO ₂	tonn NO _x
Sum forbruk/utslipp anlegg/drift tunnel og veg	40	103	1681
Sum forbruk/utslipp Kjøretøy 2008-2033	15	39	227
Sum tunnel	55	142	1908
Sum forbruk/utslipp Ferje 2008-2033	23	62	1367
Sum forbruk/utslipp Kjøretøy 2008-2033	14	36	208
Sum ferje	37	98	1575
Differanse tunnel-ferje	18	44	333

Det er selvsagt usikkerhet knyttet til framtidige utslag på forbruksutvikling på kjøretøy. Samtidig er det også usikkerhet knyttet til ferjekonseptet. I og med at strekningen er så vidt kort så er det liten grunn til å tro at høyere seilingshastighet er et sannsynlig valg. Ved å sammenligne gass og dieseldrift (kapittel 2) ser vi at CO₂-utslipp kan reduseres med rundt 15 % og NO_x med rundt 70 %.

At tunnelen i analyseperioden 2008-2033 har et samlet sett høyere utslipp skyldes et høyt "engangsutslipp" i anleggsfasen, men også en betydelig energibruk knyttet til driften, der pumping av vann samt ventilasjon utgjør en betydelig andel. Det er her grunn til å si at vi på marginen har forutsatt at strøm til pumper, ventilasjon og belysning forsynes fra kraftverk drevet med fossilt brennstoff. Dette er en rimelig forutsetning all den tid vi har et kraftmarked som i sin natur er felleseuropeisk. Men det kan ligge nyanser både knyttet til CO₂ (noe lavere fra gasskraft enn fra kull/oljefyrte kraftverk) og særlig til NO_x, der utslippet fra gass er vesentlig lavere. Et anslag der vi reduserer NO_x fra gasskraft tilsvarende gassferjer mot dieselferjer (70 % reduksjon) gir et NO_x-utslipp fra tunnelalternativet omtrent som for dagens dieselferjer. Går man over til gassferjer vil forskjellen i NO_x-utslipp i ferjenes favør hovedsakelig bli opprettholdt (300 til 400 tonn i forskjell i analyseperioden) selv med strømforsyning fra gasskraft.

Dersom vi utvider analyseperioden, viser det seg tunnel vil få et samlet sett lavere NO_x-utslipp fra cirka år 2050 og lavere CO₂-utslipp fra cirka år 2100. Det er da forutsatt bruk av dagens type dieselferje og strømforsyning fra olje/kullkraft. Bildet opprettholdes i hovedsak dersom vi går over til gassferjer og regner strømforsyning fra gasskraft.

1 INNLEDNING

Denne rapporten tar for seg energibruk og teknologisk utvikling for sjøtransport sammenlignet med alternative transportmidler, i perioden 1997 til 2007. Den bygger på tidligere utredninger, hovedsakelig Foss (1995) og Bråthen og Foss (1997), med oppdatering av utslippsfaktorer og teknologi. Rapporten drøfter ikke aspekter knyttet til virkemiddelbruk for å få til en mer energieffektiv sjøtransport eller transportsektor, blant annet ved at energiprisen skal dekke de samfunnsøkonomiske kostnadene som bruken av denne energien skaper. Slike virkemidler er inngående drøftet i Hjelle (2006).

Transportalternativene varierer fra situasjoner hvor sjøtransporten i utgangspunktet skulle ha fortrinn i form av kortere transportdistanse eller hvor alternativet er veier med store trafikkproblemer. På den andre side finnes det en del alternativer hvor sjøtransport innebærer lengre transportdistanse f.eks. fra Oslofjordområdet til Nord-Norge. Nye veiprosjekter kan dessuten føre til at sjøtransport, f.eks. ferjeruter, blir nedlagt.

Problemstillingen kan variere med hvorvidt det dreier seg om person- eller gods-transport. Godsskip er i utgangspunktet store transportenheter med lav fremførings-hastighet, noe som gir lavt energiforbruk pr. tonnkm, mens hurtigbåter er et sjø-transportmiddel med høyt energiforbruk og forholdsvis stor hastighet.

I utgangspunktet konkurrerer hurtigbåter med landeveistransport i form av buss- og eller personbiltransport. På enkelte strekninger er hurtigbåtene i konkurranse også med fly, hovedsakelig med kortbanefly. Konkurransen går både på reisetid, frekvens og pris.

Med en stadig bedring av vegnettet i kystdistriktene møter kystgodsrutene en økende konkurranse fra biltransport basert på bruk av vogntog. Konkurransen skjerpes også som følge av stadig høyere tillatt totalvekt på veinettet. Kystgodsrutene har dessuten konkurranse fra fraktestartøyene. For transport mellom Østlandsområdet og Nord-Norge er dessuten jernbanetransport et alternativ.

Rapporten behandler følgende transportalternativer:

- Gassferje versus dieselferje
- Hurtigbåt eller fly
- Godstransport med tog, skip og lastebil

I tillegg er det sett på teknologisk utvikling for:

- Hurtigruten
- Taubåter og supplyskip
- Godsbåter
- Fly
- Hurtigbåter

2 GASSFERJE VS. DIESELFERJE SØLSNES-ÅFARNES

Ferjesambandet Søsnes-Åfarnes i Møre og Romsdal trafikkeres i dag med m/f *Eira*, en konvensjonell pendelferje med en dieselmotor i hver ende koblet direkte til drift av thrustere. Ferjen har en bilkapasitet på 87 pbe (personbilenheter). Strekningen er 3,125 km. (takstzone 4). Da *Eira* ble satt i drift i 2004 erstattet den m/f *Glutra*, Norges første ferje drevet av flytende naturgass (LNG). Denne ferja hadde en kapasitet på 96 pbe og ble drevet av 4 stk. gassmotorer på 976 kw hver som produserer strøm til elektromotorer som driver ferjas thrustere. Etter at m/f *Eira* ble satt inn i sambandet, ble *Glutra* flyttet til sambandet Seivika-Tømmervåg på Nordmøre. Ferjene er av tilnærmet samme størrelse, slik at det kan foretas en realistisk sammenligning mellom diesel- og gassalternativet.

Tabell 2.1: Tekniske data for m/f *Glutra* og m/f *Eira*. (Kilde: Fjord1 MRF)

Ferje	Bygd (år)	Lengde o.a. (m)	Kapasitet		Motorer (totalt installert kW)	Forbruk	Hastighet (knop)	Byggepris (mill. kr.)
			pbe	passasjerer				
Glutra	2000	94.8	96	297	2704	148,9*	12-13	136
Eira	2004	87.6	87	297	2500	160**	12-13	81

* Kg. LNG pr. gjennomsnittlig maskindriftstime. I tillegg kommer 0.7 liter dieselolje pr. km. til hjelpemotorer (lys, varme)

** Liter dieselolje pr. gjennomsnittlig maskindriftstime.

For å kunne sammenligne miljøeffekten har vi brukt tall for siste hele år *Glutra* betjente sambandet (2003) med første hele år *Eira* var i trafikk (2005). Tallene er hentet fra Fjord 1 MRF. Da ferjene er omtrent av samme størrelse skulle tallene være sammenlignbare. Tallene for biltrafikk er omregnet til pbe.

Når det gjelder passasjertrafikken er det to muligheter; enten å se bort fra den i miljøregnskapet, da ferjenes primære formål er å transportere biler, eller å regne om passasjertrafikken til pbe på bakgrunn av forholdet mellom passasjer- og biltakst. Forholdet her er ca. 2,5:1 i dette sambandet. Begge regnemåter har sine svakheter.

Etter som sammenligningene foretas i samme ferjesamband med kort tid imellom, er det rimelig å regne at trafikkstrukturen er omtrent den samme de to aktuelle årene. Økningen i antall biler over 12 m fra 2003 til 2005 henger trolig sammen med utbyggingen av gassbehandlingsanlegget *Ormen Lange* på Aukra. Mye av lasten som ble transportert landeveien til anlegget, kom over Søsnes – Åfarnes på vei til Aukra.

Antall planlagte enkeltturer i sambandet med utgangspunkt i ruteheftet var 20 896 i 2003 og 22 688 i 2005. De øvrige data for trafikken er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 2.2: Trafikk i sambandet Søsnes-Åfarnes 2003 og 2005 (Kilde: Fjord 1 MRF)

År	Antall planlagte Turer	Utseilt distanse (km)	Pass. ex bilførere	Trafikk			
				Bil 6 m.	Bil 6-12 m.	Bil over 12 m	Totalt i Pbe
2003	20 896	65 300	320 482	237 699	15 319	25 127	508 519
2005	22 688	70 900	363074	262 081	20 111	31 617	600 667

Undersøkelser fra Marintek gir følgende tall for relative utslipp for LNG motorer benyttet i busser, diesel er satt til 100:

NO _x	18 %
HC	12 %
Partikler	12 %
SO ₂	0
CO	6 %
CO ₂	85 %

Som det framgår av oversikten fører bruk av LNG til betydelige utslippsreduksjoner sammenlignet med bruk av diesel.

Faktiske målinger om bord i en moderne dieselelektrisk drevet ferje (*m/f Ivar Aasen*) sammenlignet med utslipp fra *Glutra* viser en reduksjon på ca 80 % når det gjelder utslipp av NO_x. Når det gjelder utslipp av CO₂ indikerte faktiske målinger en reduksjon på 25-30% ved sammenligning mellom gaselektrisk og dieselelektrisk drift.

En oversikt over drivstofforbruk og utslipp for de to ferjene er vist i tabellen nedenfor. Det er regnet med et CO₂ utslipp per tonn diesel på 3170 kg/tonn. For NO_x er det regnet med 50 kg/tonn. Til sammenligning er tilsvarende tall for LNG henholdsvis 2300kg/tonn og 13 kg/tonn.

Tabell 2.3: Utslippstall for m/f *Glutra* og m/f *Eira* (Basert på driftstall fra Fjord1 MRF)

Ferje	Forbruk (kg/år)	Totalt utslipp (kg)		Utslipp (kg/tur)		Utslipp (kg/pbe)	
		CO ₂	NO _x	CO ₂	NO _x	CO ₂	NO _x
Glutra LNG	1.121.000	2.578.300	14.573	123,4	0,70	5,07	0,028
Eira Diesel	935.285	2.964.853	46.764	130,7	2,06	4,93	0,078

Av oppstillingen ovenfor ser vi at *Glutra* får høyere utslippstall (CO₂) pr transportert pbe enn *Eira*. Dette har selvfølgelig sammenheng med at det i 2005 (*Eira*) ble fraktet 92148 flere pbe i sambandet enn i 2003 (*Glutra*). Tar vi utgangspunkt i tilbudt kapasitet – pbekm – får vi andre tall. I dette tilfellet har *Glutra* et CO₂ utslipp som er ca. 15 % lavere enn for den dieseldrevne *Eira*. For NO_x er utslippet omtrent 70 % lavere.

Tabell 2.4: Utslipp i forhold til tilbudt kapasitet pbe for m/f *Glutra* og m/f *Eira* i sambandet Søsnes-Åfarnes. (Tall fra Fjord 1 MRF)

Ferje	Utslipp/pbe	
	CO ₂	NO _x
<i>Glutra</i>	0,41 kg	0,0023 kg
<i>Eira</i>	0,48 kg	0,0076 kg

I et totalt CO₂ regnskap kan det være aktuelt å ta med energiforbruket som går med til produsere diesel ved oljeraffineriene eller for å produsere LNG. Under en rimelig forutsetning av at energiforbruket i de to prosessene er av samme størrelsesorden, har vi valgt å se bort fra dette i sammenligningen mellom de to ferjealternativene.

For ferjesambandet Søsnes-Åfarnes ble gassen fraktet fra Tjeldbergodden. Distansen er 158 km en veg foruten en ferjestrekning. Gass ble levert hver 6 dag. Den totale transportdistansen tut/retur for denne tankbiltransporten i løpet av et år var ca. 19 200 km.

Diesel blir levert fra tankanlegg i Ålesund, en strekning på 152,9 km en veg. Vi legger til grunn at ferja fyller diesel en gang pr uke. Forutsatt at tankbilen bruker 4,5 liter diesel pr. 10 km, vil det årlige forbruk i de to alternativene bli henholdsvis 7155 og 8640 liter. Imidlertid blir diesel levert til tankanlegget i Ålesund med skip fra raffineri. Å trekke inn det totale CO₂ regnskapet for denne transporten kan inneholde forholdsvis store feilkilder. Forholdet mellom diesel- og gassalternativet blir trolig ikke påvirket da en eventuell høyere nøyaktighetsgrad er innenfor de feilmarginer som må påregnes i denne type beregninger.

Byggeprisen for gassferjer er høyere enn for dieseldrevne ferjer. Tallene for *Eira* og *Glutra* er ikke direkte sammenlignbare da *Glutras* byggekostnader omfatter betydelige prosjekterings- og utredningskostnader og kostnader til regelverksetablering. *Eira* er bygd i Polen som en standard pendelferje. I dag ville disse ferjene, under normal verftkapasitet, trolig ha kostet henholdsvis 120 (*Glutra*) og 90 (*Eira*) millioner kroner. Årsaken til den høyere byggepris på gassferjer ligger primært i kostnadene ved anskaffelse av de rustfrie ståltankene samt gassmotorene. De siste bygges i dag i et forholdsvis lite antall av to leverandører.

I 2007 har Fjord1 satt inn 5 gassferjer i samband i Sunnhordland og Rogaland. Disse ferjene erstatter 7 konvensjonelle ferjer i disse to sambandene. De nye gassferjene er store og hurtige ferjer med en marsjhastighet på 21 knop for de tre ferjene som går i Sunnhordland og 17 knop for de to ferjene i Rogaland. En forutsetning i driftsopplegget for sambandene var at reisetiden mellom Stavanger og Bergen skulle forkortes. Ferjene med 21 knops marsjfart har hver en installert maskinkraft på ca 12 000 kW. Disse ferjene har fire motorer, 2 på 3400 kW og to på 2500 kW. Ved marsjfart satses det på å kjøre på tre motorer. På 17 knops ferjene er den installerte maskinkraften ca 5 000 kW fordelt på to motorer. Den totale maskinkraft på de 5 ferjene er ca 46 000 kW. Til sammenligning var den totale maskinkraften på de 7 ferjene som erstattes ca 16 000 kW. De nye ferjene er imidlertid betydelig større enn de gamle, kapasiteten per ny ferje er 214 pbe mot ca 100 pbe på hver av de eldre ferjene. Sammenligner vi et driftskonsept med avganger hver halve time i 18 av døgnet timer og der hastigheten er 17 knop og 21 knop, vil et driftsopplegg med 21 knop (3 ferjer) kreve om lag 50 % mer drivstoff enn om hastigheten er 17 knop (4 ferjer). Det er imidlertid kostnader knyttet til materiell og mannskap ved disse to driftskonseptene som ikke er analysert her.

Tas det hensyn til antall ferjer og ferjestørrelse, innebærer dette en økning på 53 % når det gjelder transportkapasitet. Korrigeres det for dette er relativ maskinkraft på de nye ferjene ca. 85 % større. Den høye hastigheten på gassferjene sammenlignet med farten på de eldre ferjene (13-14 knop) gir en betydelig økning i relativt drivstofforbruk og tilhørende utslipp. Gassdrift kompenserer imidlertid for dette i noen grad. Likevel blir trolig CO₂ utslippet for de nye ferjene i størrelsesorden 40 % større enn ved det tidligere opplegget.

Alternativet til drift basert på LNG var å bygge ferjer basert på dieseldrift. Fjord1 har utført beregninger som sammenligner gass og dieseldrift på de nye ferjene. Tabellen nedenfor viser forholdene mellom diesel- og gassdrift på ferjene. Vi fortsetter da at hurtiggående dieseldrevne (dieselelektrisk) har installert samme maskinkraft (kW) som de gaselektrisk drevne ferjene. De gassdrevne ferjene har et spesifikt forbruk på 170 gram LNG/kWt. For dieselmotorene er det regnet med 200 g/kWt. I beregningene nedenfor er det antatt et uttak på hovedmotorene på de hurtigste ferjene på ca. 8 500 kW, og på 17 knops ferjene på ca. 4500 kW. Leverandøren av motorene (Rolls Royce Bergen diesel) oppgir et CO₂ utslipp på 600 g/kWt for diesel og 450 g/kWt for LNG. For NO_x er tallene henholdsvis 11,5 og 1,8 gram. Disse tallene er brukt i beregningene i tabellen nedenfor.

Tabell 2.5: Sammenligning mellom diesel – og gassdrift for nye ferjer i Sunnhordland. (Kilde: Fjord 1)

Drivstoff	Motor (KW)	Fart (knop)	Forbruk (kg/fullfartstime)	Utslipp (kg/fullfartstime)	
				CO ₂	NO _x
Diesel	12 000 pr ferje - 3 ferjer	21	1700	5100	97,8
Diesel	5 000 pr ferje - 2 ferjer	17	900	2700	51,8
LNG	12 000 pr ferje - 3 ferjer	21	1450	3825	15,3
LNG	5 000 pr ferje - 2 ferjer	17	765	2025	8,1

Beregningen ovenfor antyder en reduksjon i CO₂ utslipp på ca. 25 % ved overgang til LNG. I realiteten blir forskjellen noe mindre da gassferjene har et større hjelpe-maskineri enn dieselferjene. For NO_x er utslippene ved bruk av gass bare ca. 15 % av utslippene for dieselmotorer. Tallene avviker ikke vesentlig fra tall for andre ferjesamband (Sølsnes-Åfarnes) og fra tall fra Eidesvik Offshore ASA.

Det totale årlige forbruk og derved utslipp varierer med driftsforhold i form av fullfartstimer, manøvreringstid og landligge. På korte ruter blir andelen ved kai større enn ved lengre samband. I de aktuelle sambandene har ferjene to landligger pr. time i det ene og 1,3 landligger/time.

I 2007 vil 5 ferjestrekninger i Romsdal bli satt ut på anbud. På stekningen Furneset - Molde er kravet at det skal settes inn gassdrevne ferjer. Her er kravet at det skal opprettholdes halvtimesruter. Imidlertid er det opp til anbyder om dette skal skje ved hjelp av to eller tre ferjer. Det er mulig å opprettholde halvtimesruter med to ferjer hvis disse har en marsjfart på 21 knop. Dette er en trend som trolig vil fortsette, slik at antallet gassdrevne ferjer i Norge vil øke. Stortinget har bestemt at det skal stilles krav om gassdrift på ferjesambandene Haljem - Våge og på Flak-Rørvik når disse sambandene settes ut på anbud, trolig i 2007. For å oppnå den ønskede reduksjon i CO₂ utslipp, er det viktig at ikke gassdrift kombineres med økt hastighet på ferjene. Dette har vi sett i tilfellet med ferjene i Sunnhordland beskrevet ovenfor. Et høyhastighets (21 knops) driftsopplegg over Romsdalsfjorden vil medføre om lag samme prosentvise økning i drivstofforbruk som for de tre gassferjene i Sunnhordland.

3 FORBEDRINGER VED HURTIGBÅTER

Bortsett fra bygging av fartøyer i karbonfiber, har det vært beskjedne forbedringer i hurtigbåtteknologi de siste ti årene. Hurtigbåttutviklingen har siden 1960-årene oftest vært styrt av tilgjengelige motorer og nye skrogmaterialer. I begynnelsen av 1990-årene ble fokus stort sett rettet mot meget store bilførende fartøyer. På nye hurtigbåter har det gjerne vært satset på bedret komfort sammenlignet med eldre fartøyer.

Til Flaggruten ble det i 1999 innkjøpt to 42 m. katamaraner fra Australia. Disse to fartøyene hadde en passasjerkapasitet på 358 mot 276 for den eldre 40 m. katamaranen. Den siste av de australske katamaranene m/s *Draupner* er nå solgt bl.a. som følge av redusert trafikk. Flaggruten drives i dag med to eldre katamaraner, en på 40 m. og en på 38,8 m. lengde.

Erfaringer fra driften i Flaggruten viste at *Draupner* hadde et forbruk på en tur mellom Bergen og Stavanger som var 12,6 % høyere enn for den nyeste av de to eldre katamaranene, m/s *Vingtor*. Tas det hensyn til antall passasjerer og hastighet, var forbruket per sete 15,2 % lavere enn for *Vingtor*.

Karbonfiber

Brødrene Aa bygger katamaraner i karbonfiber. Svenskene har bygd en 70 m. korvett i dette materialet. Brødrene Aa startet et samarbeid med byggeren av dette fartøyet, Karlskronavarvet, i 2001. I motsetning til Karlskronavarvet, formstøper Brødrene Aa skrogene til sine fartøyer.

Brødrene Aa leverte sin første båt i karbonfiber, *Rygerdokteren*, en 18 meters lege/ambulansesebåt i 2002. Fartøyet ble utviklet i samarbeid med rederiet L.Rødne & Sønner og SND. Skroget ble utviklet i samarbeid med Marintek. Marsjhastigheten er 36-38 knop. Senere har rederiet fått levert ytterligere et enskrogsfartøy og tre katamaraner. Den fjerde katamaranen blir levert i 2007. Katamaranene er basert på samme skrogkonstruksjonen og har lengder på 18-23 meter. Alle passasjerene er samlet på et dekk og utgang er forut. I følge Lars Rødne har rederiet bare gode erfaringer med karbonskrogene. Årsaken til at de valgte å satse på karbonfiberskrog var vektbesparelsen og derved muligheten for mindre maskininstallasjoner.

Tabell 3.1: Tekniske data for m/s *Rygerkongen*, 23 m. katamaran bygd i karbonfiber, levert 2006 til L. Rødne & Sønner 2006. (kilde: Brødrene Aa)

Lengde (m)	Bredde (m)	Tonnasje	Passasjertall	Motorer	Toppfart	Rutefart
23,00	8,00	148 BRT	130	2 x 749 kW	34 knop	28 knop

I 2007 har verkstedet levert to 27 m. katamaraner til Stavangerske, en tredje katamaran ble levert før jul i 2006. Passasjekapasiteten er 180 og hastigheten ved full last 29-30 knop. Disse fartøyene er i utgangspunktet basert på 18-20 m. katamaranskroget, som blant andre er levert til L.Rødne og Sønner.

I tabellen nedenfor er det vist en sammenligning mellom de nye karbonfiber-katamaranene og tidligere katamaraner av samme størrelse benyttet av Stavangerske. Det oppgitte bunkersforbruk er basert på faktisk rutedrift, og viser en reduksjon på ca. 20 %. Imidlertid er det viktig å legge merke til de vesentlig mindre hoved-motorene. Riktignok har *Fjordbris* noe høyere hastighet, men konstruksjonen med om bord og ilandstigning over baugen gir kortere terminalopphold som i ruten kompenseres for den lavere hastigheten. Dette har imidlertid ikke noe med karbon-fiberkonstruksjonen å gjøre. Tilsvarende opplegg benyttes også av NBDS hurtigbåter i Oslofjorden.

Fra Stavangerske uttales følgende om driften av de nye og eldre katamaranene: ”*Fjordbris* gikk i rute med ca 80 % belastning på motorene og ca.31 knop i rutefart. Ble da liggende noe lenger ved kai og vente på ruten. Karbon båtene til Brødrene Aa går vel med ca.60 % belastning og 28 knop i ruten, men kompenseres mye for lavere fart med at de legger til med baugen. I rutebassenget i Ryfylke er det jo kort mellom kai anløp så farten betyr i dette tilfelle ikke så mye. Utnyttelsen skal være noenlunde det samme”.

Tabell 3.2: Data for katamaran fra Brdr. Aa sammenlignet med eldre katamaranene av samme størrelse. (Kilde: Stavangerske)

	Katamaran fra Brdr. Aa	MS <i>Fjordbris</i>
Byggeår	2006	1991
Lengde o.a. (m)	27	29
Lettskip	56,7	75,9
Passasjerkapasitet	180	180
Hovedmotor (Antall og kW/motor)	2x749	2x1500
Fart (knop)	28-29	32
Bunkersforbruk (l/time) i rutedrift	284	350
Byggepris (mill. kr.)	Ca 30	Ca 22

Marintek arbeider i dag i samarbeid med Brødrene Aa med utvikling av skroget til en 35 meter lang katamaran. Dette er en type fartøy som vil kunne være aktuell i for eksempel Flaggruten. Konstruksjonen er basert på et konsept med fartøyer i lengder på mellom 30 og 40 meter. Produksjonsopplegget er slik at den faktiske lengden på et aktuelt fartøy kan varieres innen disse lengdene.

Karbonfiber har fordeler i form av lavere vekt, det er antydnet en besparelse i skrogvekt på inntil 40 % sammenlignet med et tilsvarende aluminiumskrog. Vekt-reduksjonen kan bl.a. utnyttes til installasjoner som gir bedret komfort og eller til å utvikle en stivere skrogstruktur. Karbonfiber skal ikke ha tilsvarende material-trethetsproblem som aluminiumstrukturer. Sammen med en stiv struktur fører dette til at vinduer og dører kan monteres uten problemer.

Bruk av karbonfiber i flyproduksjon har ført til en økende etterspørsel etter materialet. Da Brødrene Aa begynte å interessere seg for bruk av karbonfiber var prisen forholdsvis lav. Siden er det blitt et visst underskudd på karbonfiber i markedet da karbonfiber i stor utstrekning benyttes i bygging av nye flytyper som Airbus A 380 og Boeing 787. Da Airbus A 380 landet etter sin første prøveflyging skal prisen på karbonfiber ha steget med 25 % nokså umiddelbart.

Bruk av katalysatorer.

Nesodden-Bundefjord Dampskipsselskap fikk i 1999 levert en 36 m. katamaran. Fartøyet, m/s *Prinsen*, hadde fire motorer på 790 kW hver, noe som ga fartøyet en hastighet på 30 knop. *Prinsen* brukes i ruten Nesoddtangen-Aker brygge. Det har vært enkelte problemer med firemotorsanlegget, men fartøyet har vært i stand til å holde ruten med tre motorer i drift. Som et ledd i et forskningsprosjekt ble *Prinsen* utstyrt med et ureabasert katalysatorsystem.

Systemet har ikke vært vellykket og er nå demontert. For det første var systemet forholdsvis tungt, i tillegg måtte det etterfylles 800 liter urea hver uke. Urea førte til tæring på eksosanlegget, men dette problemet ble løst etter hvert. Etter at anlegget hadde vært utkoblet en tid viste det seg at det ville koste ca. kr. 350 000.- å sette det i drift igjen. Da kjøremønsteret i ruten passet dårlig for å oppnå den ønskede effekt fra katalysatoren, ble det ikke montert igjen. I ruten mellom Nesoddtangen og Aker brygge kjører *Prinsen* i alt 11 minutter i full fart per tur. Av denne tiden var katalysatoren bare i drift i 7 minutter. Reduksjonen i NO_x utslipp ble derfor beskjeden. Lekkasje i anlegget kunne føre til meget vond lukt, og det skal ha vært omtrent umulig å oppholde seg i maskinrommet når dette skjedde. Konklusjonen i dette tilfellet var at anlegget var for tungt og ikke egnet seg til den aktuelle hurtigbåten.

Virkningsgraden ved bruk av katalysatorer i hurtigbåter eller andre fartøyer er avhengig av operasjonsprofilen. For at katalysatoren skal virke tilfredsstillende må eksostemperaturen være på minst 275 °C. Dette fordrer et ruteopplegg med lange strekninger slik at katalysatoren kan være i bruk mesteparten av tiden. Dessuten er nøyaktig innstilling av riktig mengde urea avgjørende for katalysatorens effektivitet. Feil på katalysatoren er ofte vanskelig å oppdage. Marintek antyder at det kan oppnås en virkningsgrad på 95 % ved stasjonære anlegg, mens det kan forventes virkningsgrader mellom 25 og 80 % i skip, avhengig av operasjonsprofil.

Innføring av NO_x avgift fra 2007 vil føre til ekstra kostnader for rederiene. Med en avgift på kr. 15.- pr. kg. NO_x vil dette for eksempel føre til årlige utgifter for hurtigbåtruten Tromsø – Harstad på nesten 4 mill. kroner. Dette er basert på et oppgitt årlig bunkersforbruk i ruten på 5300 tonn og et NO_x utslipp på 50 kg pr. tonn. Bruk av ureakatalysator fordrer et forbruk på 1.5 liter urea pr. kg. NO_x. Med en pris på urea på mellom på 2-3 kroner, vil et effektivt katalysatoranlegg gi betydelige besparelser. Det må selvfølgelig også tas hensyn til anskaffelseskostnadene for katalysatorene. Dette vil variere med anleggets størrelse.

I tillegg til kostnader til urea, vil det også påløpe vedlikeholdskostnader for katalysatorene. Disse slites etter hvert. Dessuten fordres det bunkers med lavt svovelinhold. Korrosjonsproblemer i eksosanlegget vil føre til at dette bør bygges i rustfritt stål. Et alternativ til katalysator er vanninjisering, men effekten av dette på NO_x utslippet vil være mindre enn ved bruk av katalysatorer.

Motortekniske forbedringer har i de senere år ført til en reduksjon i NO_x utslipp. Enkle tiltak vil gi en reduksjon i utslipp på 10-15 %. Imidlertid fører disse endringene til et noe høyere bunkersforbruk. NO_x reduksjoner av denne størrelsesorden er ikke tilstrekkelig til å tilfredsstille fremtidige krav.

Gassdrift

Hittil har ikke gassdrift vært sett på som et alternativ på hurtigbåter. LNG har en vekt på 0,242 kg. per liter, sammenlignet med 0,845 kg for en liter diesel. Med omtent det samme spesifikke forbruk per kWt, vil således et tonn gass trenge ca. 3,5 ganger mer plass enn et tonn diesel. LNG lagres nedkjølt. Dette fordrer spesielle tanker og kjøleanlegg, som i tillegg til den plass de trenger, også er tunge. Kombinasjonen av plasskrav og vekt gjør derfor LNG drift lite egnet for hurtigbåter i dag.

I følge Marintek skal man på sikt imidlertid ikke avskrive gassdrift ved hurtigbåter. De problemer som knytter seg til gassdrift i form av plass og vekt vil på sikt la seg løse. Vektreduksjoner som følge av nye byggematerialer for fartøyer vil kunne

kompensere for den ekstra vekt som gassdrift medfører. Det er allerede i dag bygget ut et distribusjonssystem for gass spesielt i Sør-Norge som gjør at levering av gass til fartøyene lar seg organisere. For Flaggruten vil dette for eksempel lett la seg ordne. Et problem knyttet til hurtigbåtdrift er at gasstankene av plasshensyn i flere tilfeller kan bli forholdsvis små. Dette fører til at det må etterfylles gass relativt hyppig. I de fleste ruter er det neppe hensiktsmessig å foreta etterfylling av gass oftere enn en gang per døgn.

Regelverket for bruk av gass i passasjerfartøyer er under utvikling. Dette vil gjelde for alle passasjerførende fartøyer. Ved bygging av gassferjen *Glutra* var bygging basert på daværende regelverk. Dette var ikke tilpasset bruk av gassdrift. Når de nyere gassferjene for bruk i Sunnhordland og Rogaland ble bygd, var det kommet et mer gasstilpasset regelverk på plass. Et alternativ til LNG er å benytte LPG. Her lagres gassen under trykk, tankene blir muligens lettere og mindre plasskrevende.

Andre forbedringer

Interseptor (en tverrgående spoiler mellom skrogene på toskrogsbåter) er blitt montert på flere hurtigbåter. Fjellstrand har montert dette på alle sine hurtigbåter bygd etter 2000. Interseptor kan også ettermonteres på eldre hurtigbåter. *Kommandøren*, bygd i 1990, var den første Fjellstrandkatamaranen som fikk ettermontert en interseptor. Dette skjedde i oktober 2005. I følge Fjellstrand har dette ført til en reduksjon i bunkersforbruket på 5 %. Dempesystemer for eksempel i form av T-foiler mellom skrogene på katamaraner gir bedre komfort. Andre aktuelle systemer består av en kombinasjon av T-foiler forut og interseptorer akter som styres ved hjelp av et reguleringsystem.

Det foregår utviklingsarbeid hos Servogear i samarbeid med Marintek for å bedre virkningsgraden på hurtigbåtpropeller ved bruk av en propelltunnel. Det har vært antydning at dette fører til 5-8 % bedre bunkersforbruk enn ved konvensjonelle vannjet løsninger på det 27 m. lange karbonfiberskroget fra Brødrene Aa ved de hastigheter det var snakk om (28-29 knop). I forhold til tradisjonelle propeller kan det regnes med en bedring i virkningsgrad som følge av bl.a. større propelldiameter og lavere omdreiningstall. Den faktiske besparelse vil variere fra design til design. Samtidig foregår det arbeid med nye løsninger for vannjet for å oppnå bedre virkningsgrad.

Ved Marintek arbeides det med flerskrogløsninger for hurtigbåter. For øyeblikket arbeides det med en trimaranløsning. Denne består av et langt hovedskrog og to stabilitetsskrog. Arbeid foregår også for å redusere friksjonsmotstanden i vannet bl.a knyttet til bruk av nanoteknologi i bunnsmøring og coating. Det foreligger ingen data for forventede besparelser.

4 HURTIGBÅT ELLER FLY TROMSØ-HARSTAD

I 1974 kontraherte TFDS sin første westamaran. Denne ble levert i mars 1975 og ble satt i rute i området rundt Tromsø. Allerede året etter fikk rederiet ytterligere en westamaran. Med de to westamaranene ble det mulig å tilby hurtigbåtruter både rundt Tromsø og rundt Harstad. TFDS fikk levert sin tredje westamaran i 1976 til erstatning for lokalbåten Dyrøy som hadde havareert.

I mars 1978 startet Saltens Dampskibsselskab (SDS) og Troms Fylkes Dampskipselskap (TFDS) en rute mellom Tromsø og Bodø med Westamarins gassturbindrevne katamaran "Westjet". Etter seks måneder trakk SDS seg ut og TFDS fortsatte alene, men ruten ble forkortet til å dekke strekningen Tromsø – Harstad. I mars 1979 hadde TFDS også fått nok, bl.a. på grunn av de høye kostnadene, særlig bunkerskostnadene. Imidlertid hadde ruten med "Westjet" vist at det var behov for en hurtigbåtrute mellom Tromsø og Harstad. En westamaran ble kontrahert og satt inn i ruten.

I 1986 fikk TFDS prøve en luftputekatamaran bygd av Brødrene Aa i Hyen. Prøvene falt heldig ut, og fartøyet ble innkjøpt for å settes inn i ruten. Reisetiden var 2½ time mellom Tromsø og Harstad med anløp av Finnsnes. Fra 1994-95 ble ruten betjent av to katamaraner, en 40 m. Fjellstrand katamaran og en 38.8 m. Sea Lord i 1995 Disse fartøyene hadde en kapasitet på henholdsvis 307 og 342 passasjerer. Seilingstiden Tromsø-Harstad var 2 timer 40 minutter. De tekniske spesifikasjonene for disse fartøyene er vist nedenfor.

Tabell 4.1: Tekniske data for katamaraner benyttet i ruten Tromsø-Harstad 1995-2005. (Kilde: Hurtigruten Group)

Fartøy	Byggeår	Lengde o.a. (m)	Passasjer-kapasitet	Hovedmotorer (kW)	Bunkersforbruk (kg/time)	Fart (knop)
Fjordkongen	1994	37,78	307	4000	760	34
Fjorddronningen	1995	38,0	342	2500	660	33

Sea Lord katamaranen (*Fjorddronningen*) utmerket seg med å ha et firemotors hovedmotoranlegg. Bunkersforbruket var forholdsvis lavt, selv om det framstår som relativt høyt sett i forhold til forskjellen i motoreffekt. Erfaringene med dette fartøyet var at motorene var for små og måtte gå med for høy belastning for å holde ruten. Dette førte til flere motorhavarier. Den høye utnyttelsesgraden på motorene forklarer hvorfor forskjellen i bunkersforbruk ikke er større.

Tabell 4.2: Total passasjertrafikk med hurtigbåtruten Tromsø-Harstad 2002-2006.
(Kilde: Hurtigruten Group)

År	2002	2003	2004	2005	2006
Antall passasjerer	180 521	197 277	196 537	215 512	224 412

Trafikken i ruten har vist en jevn vekst. Passasjerstatistikken 2002-2006 viser at det totale passasjerantallet har økt med nesten 25 %. De siste to årene med 14,2 %, trolig bl.a. som følge av introduksjon av nye fartøy i ruten og en reduksjon i seilingstiden mellom Tromsø og Harstad til 2 timer 20 minutter.

Dagens transportopplegg

I dag trafikkeres ruten med to katamaraner, nye *Fjordkongen* og *Fjorddronningen*, begge levert fra Fjellstrand i 2005. Ruten opereres av Hurtigruten Group.

Tabell 4.3: Tekniske data for m/s Fjordkongen og m/s Fjorddronningen
(Kilde: Hurtigruten Group)

Fartøy	Byggeår	Lengde o.a. (m)	Passasjer- kapasitet	Hovedmotorer (KW)	Bunkersforbruk (kg/time)	Fart (knop)
Fjordkongen	2005	43,2	350	5220	1096	36,5
Fjorddronningen	2005	43,2	350	5220	1096	36,5

Seilingstiden er 2 timer 20 minutter mellom Tromsø og Harstad med anløp av Finnsnes. På enkelte turer anløpes Brøstadbotn og Engenes. Dette øker reisetiden med 10 minutter. Reisetiden Tromsø-Finnsnes er 1 time 10 minutter og mellom Finnsnes og Harstad 1 time 15 minutter. På enkelte turer kan reisetiden være ca. 10 minutter lenger, selv uten anløp av Brøstadbotn.

I perioden oktober 2006 til mars 2007 er ruten lagt opp med tre turer pr. dag fra mandag til onsdag foruten fredag. På torsdag kjøres en kveldstur på hele strekningen. Lørdag og søndag er det to daglige turer. Mandag til onsdag kjøres det en kveldstur mellom Tromsø og Finnsnes. Det er samme seilingsopplegg sommer og vinter.

I dag konkurrerer hurtigbåtruten med flyruten Tromsø – Evenes. Fra Evenes til Harstad er passasjerene avhengige av å ta buss. Distansen mellom Harstad og Evenes er 46 km. Hurtigbåtruten trenger derimot ingen tilbringertjeneste for å reise mellom bysentra.

Flyruten trafikkeres av Widerøes flyselskap med fly av typen Dash 8 med plass til 39 passasjerer. Flytiden på den 159 km. lange strekningen mellom Tromsø og Evenes er

38-39 minutter. I mars 2007 er det to daglige avganger i fra Evenes til Tromsø og en tur mellom Tromsø og Evenes.

Bussavgang fra Harstad er 1 time 30 minutter før flyavgang. Med en flytid på 39 minutter blir reisetiden mellom Harstad og Langnes flyplass ved Tromsø derfor ca. 2 timer 10 minutter. Tidsbesparelsen i forhold til hurtigbåten er derfor begrenset, noe avhengig hvor det endelige bestemmelsesstedet er i Tromsø og hvorledes reisetidspunktet for fly eller hurtigbåt passer de reisendes behov. Det ser ut til at flyruten gir et noe bedre tilbud på kveldstid fra Harstad mens hurtigbåten med sine tre daglige turer gir bedre fleksibilitet storparten av dagen.

Dagens trafikk

Trafikken med hurtigbåten i 2006 er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 4.4: Passasjertrafikk med hurtigbåtruten mellom Tromsø og Harstad 2006
(Kilde: Hurtigruten Group)

Fra \ Til	Tromsø	Engenes	Brøstadbotn	Finnsnes	Harstad	Totalt
Tromsø	-	736	3028	52006	43202	98972
Engenes	455	-	3	64	1147	1669
Brøstadbotn	3174	2	-	134	1308	4618
Finnsnes	46917	108	177	-	12637	59839
Harstad	43610	1592	1555	12501	-	59258
Total	94156	2438	4763	64705	58294	224356

Den gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelsen for hurtigbåten er beregnet til 24,1 % mellom Tromsø og Finnsnes og 15,4 % mellom Finnsnes og Harstad. På hele strekningen gir dette en gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse på 20.1 %. På årsbasis er det totale transportarbeidet beregnet til 22,8 mill. passasjerkm. I 2006 ble det gjennomført 2080 turer mellom Tromsø og Harstad i tillegg til 312 turer på sterkningen Tromsø og Finnsnes. Med utgangspunkt i et totalt antall årlige turer kan det potensielle transportarbeide beregnes til 117,5 mill. setekm.

I hurtigbåtruten er det betydelige variasjoner i trafikk i løpet av en uke. Tall fra uken 6 og 8 i 2007 viste at på enkeltavganger kunne det være opp til 267 passasjerer ved en avgang fra Tromsø en onsdag i uke 6. På en søndagstur i samme uke hadde fartøyet 194 passasjerer om bord ved avgang fra Tromsø. Over halvparten av disse gikk av i Finnsnes. Fredag ettermiddag i denne uken var 192 passasjerer om bord ved avgang Tromsø. På vanlige turer i løpet av uken kunne passasjertallet ved avgang fra Harstad eller Tromsø ligge på fra 40-80 passasjerer. Det er rimelig å anta at travlere måneder kan oppvise enda større passasjertall ved enkeltavganger. Fartøyene er dimensjonert for å greie disse trafikktoppene, noe som fører til lav gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse over året.

Det reiste 21700 passasjerer med fly mellom Tromsø og Evenes i 2006, i tillegg kom ca. 1300 reisende i transfer eller transit. Flytrafikken står derfor bare for i underkant av 10 % av hurtigbåttrafikken mellom Tromsø og Harstad. Imidlertid er andelen trolig omkring det halve, da trafikken med fly dekker både trafikk mellom Tromsø og Harstad samt mellom Tromsø og Narvik.

Utslipp

Med et årlig bunkersforbruk på 5318 tonn, gir dette et forbruk per setekm. på 0,045 kg. Dette gir et forbruk per passasjer på strekningen Tromsø-Harstad på 33,8 kg. Disse tallene inkluderer forbruk ved kai og annen kjøring utenom rute. Med utgangspunkt i oppgitt forbruk pr. tur mellom Tromsø og Harstad på 2172 kg., gir dette et forbruk pr. setekm på 0,041 kg. eller 30,8 kg pr. passasjer som reiser hele strekningen. Disse tallene er brukt i sammenligningen med fly og buss.

Med utgangspunkt i følgende utslippsfaktorer for diesel benyttet i hurtigbåtene på 3,17 kg CO₂ / kg og 50 g NO_x/kg., gir dette følgende utslipp per passasjer på strekningen Tromsø-Harstad:

- CO₂ : 97,6 kg.
- NO_x : 1,54 kg.

For flyene er utslippene beregnet på basis av utslippskalkulatorer utarbeidet av SAS og av Vestlandsforskning. Den siste er utarbeidet etter oppdrag fra NSB og tar også hensyn til tilbringertjenesten med buss mellom Harstad og Evenes. Kapasitetsutnyttelsen på flyene er basert på et normalbelegg på 51 % på flyet og 25 % på bussen. Med utgangspunkt i utslippskalkulatorene blir utslippet per passasjer med flyene:

- CO₂ : 60.2 kg.
- NO_x : 0.25 kg.

Trafikkøkning vil føre til bedre kapasitetsutnyttelse på transportmidlene. For hurtigbåtruten er det forutsatt at bunkersforbruket per tur er tilnærmet konstant. Dette vil føre til en reduksjon i utslippet per passasjer som det fremgår av tabellen nedenfor.

Trafikkøkning kan føre til at det blir satt inn større fly. Med utgangspunkt i en større utgave av DASH 8 (serie 300) med plass til 50 passasjerer, vil dette gi utslipp som vist i tabellen. For bussen er det fortsatt regnet med 25 % belegg.

Tabell 4.5: Utslipp per passasjer med hurtigbåt og fly mellom Tromsø og Harstad med dagens trafikk og ved eventuell trafikkøkning.

Transportmiddel	Forbruk/tur (kg)	Utslipp (kg)			
		CO ₂		NO _x	
		Per sete	Per pass.	Per sete	Per pass.
Hurtigbåt 2006	2172	19,62	97,6	0,31	1,54
Hurtigbåt 2006 (40%)	2172	19,62	49,1	0,31	0,77
DASH 8 -100 (51%)	470	31,9	60,2	0,15	0,25
DASH 8 -100 (70%)	470	31,9	44,5	0,15	0,22
DASH 8 – 300 (51%)	525	30,4	57,3	0,15	0,25

I dag har hurtigbåten et vesentlig større CO₂ utslipp pr. passasjer enn fly på strekningen Tromsø-Harstad. For å komme ned på samme utslippsnivå som flyene må hurtigbåtene øke sin gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelse til 32.6 %. Skulle det bli satt inn større fly må kapasitetsutnyttelsen på hurtigbåten økes til 34.2 %, forutsatt at flyenes gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelse fortsatt er 51 %. Forutsatt at trafikkmønsteret er det samme som i dag innebærer dette at årstrafikken med hurtigbåten må øke til ca. 364 000 passasjerer. Forbruket for hurtigbåten er fordelt på korte og gjennomgående reiser for å sikre et mest mulig riktig sammenligningsgrunnlag.

Veistrekningen mellom Tromsø og Harstad er oppgitt til 237 km. Imidlertid går bussruten via Bjerkvik slik at den totale reisestrekning blir 320 km. Reisetiden er ca. 6 timer. Med utgangspunkt i Vestlandsforskning utslippskalkulator, blir utslippene med buss på en slik reise:

- CO₂ 14,05 kg
- NO_x 0,33 kg

Det er forutsatt en gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse for bussen på 36 %, som i følge utslippskalkulatoren er normal kapasitetsutnyttelse. Hvis kapasitetsutnyttelsen faller til 25 %, vil utslippstallene bli henholdsvis 17,6 og 0,45 kg. Med en reisetid på 6 timer, er bussen et lite attraktivt alternativ til hurtigbåten, men utslippsmessig er den vesentlig gunstigere. Selv med helt full hurtigbåt vil ikke CO₂ utslippet komme ned på bussens nivå.

Hurtigbåtdrift medfører høye utslipp av klimagasser. Et dilemma i denne forbindelse er at kravene til hurtigere fartøyer og høyere komfort fører til større maskinkraft og derved større utslipp. Sammenlignet med de fartøyene som ble erstattet er forbruket per setekm. økt med anslagsvis 18 % og 40 % for henholdsvis *Fjordkongen* og *Fjorddronningen*. De nyere fartøyene ser imidlertid ut til å være mer attraktive. Sammen med redusert reisetid kan nye fartøyer føre til en trafikkvekst som i noen grad kompenserer for dette. I eksemplet med hurtigbåt mellom Tromsø og Harstad

har trafikkveksten fra 2004 til 2006 på 14.2 % nesten kompensert for det høyere utslippet per passasjer med *Fjordkongen*. Det forutsettes at trafikken er den samme for de to hurtigbåtene i ruten. For *Fjorddronningen* vil utslippet være omtrent 25 % høyere enn med det eldre fartøyet som ble erstattet.

Ved å redusere hastigheten på de nye hurtigbåtene til 34 knop vil bunkersbruket anslagsvis reduseres med 13 %, eller med ca. 280 liter pr. tur. På årsbasis vil dette utgjøre ca. 700 tonn. Det totale CO₂ utslippet vil bli redusert med ca. 2200 tonn eller ca. 10 kg. pr. passasjer i ruten med dagens trafikk. På den spesifikke strekningen Tromsø-Harstad vil dette utgjøre ca. 13 kg.

Det er grunn til å legge merke til at hurtigbåtene her også løser et lokalt transportbehov for de som benytter mellomliggende stopp. Vi har ikke vurdert om dette kunne vært løst på en alternativ måte som hadde ivaretatt befolkningens behov.

5 HURTIGRUTEN BERGEN-KIRKENES

Hurtigruteflåten har i de siste årene gjennomgått en betydelig fornyelse i form av nye og større skip. De første av den nye generasjon skip *m/s Kong Harald* ble levert i 1992, mens de siste skipene *m/s Trollfjord*, *m/s Finnmarken* og *m/s Midnatsol* ble levert i 2002-2003.

I alt er det bygd 9 skip av denne typen. Bortsett fra de første tre, som ble bygd ved *Volkswerft Stralsund* og levert i årene 1992-94, er samtlige andre bygd i Norge. I tillegg til disse skipene disponerer Hurtigruten Group fire eldre hurtigruteskip, to ble bygd i 1982-83 og to bygd i henholdsvis 1956 og 1964. De to siste settes inn i ruten når nye skip benyttes til turer i Antarktis og Chile. I 2006 ble *Nordkapp* og *NordNorge* benyttet i slike turer henholdsvis i 210 og 232 dager. I 2006 ble det eldste skipet, *m/s Nordstjernen*, benyttet til turer på Svalbard i 155 dager. En oversikt over hurtigruteflåten er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 5.1: Tekniske data for de enkelte skip som benyttes i Hurtigruten.

Kilde: Hurtigruten Group.

Skip	Bygge år	Tonnasje (brt)	Lengde o.a.	Passasjerer Køyer/dagpass.	Hovedmotor (kW)	Bunkers forbruk (tonn/tur)	Hastighet (knop)	Bilkapasitet (pbe)
Nordstjernen	1956	2191	80,77	168/450	2451	80	15	0
Lofoten	1964	2621	87,40	171/450	2447	95	15	0
Lyngen	1982	5206	108,55	322/500	2x1883	135	15	35
Vesterålen	1983	5206	108,55	322/500	2x1883	140	15	35
Kong Harald	1993	11205	121,80	490/691	2x4500	195	15	45
Richard With	1993	11205	121,80	483/691	2x4500	190	15	45
Nordlys	1994	11205	121,80	490/691	2x4500	185	15	45
Polarlys	1996	11341	123,00	479/737	2x3970+2x1660	180	15	45
Nordkapp	1996	11386	123,30	457/691	2x4500	190	15	45
Nord Norge	1997	11386	123,30	457/691	2x4500	195	15	45
Trollfjord	2002	16140	135,75	652/1000	2x4140	200	15	45
Finnmarken	2002	15530	138,50	643/1000	2x4140	210	15	45
Midnatsol	2003	16151	135,75	648/1000	2x4140	200	15	45

Bunkersforbruk pr. tur er angitt som typisk verdier Bergen-Kirkenes-Bergen

Ved bygging av nye skip benyttes det siste av motorteknologi som kan føre til reduserte avgassutslipp. Under byggingen må dessuten rederiet rette seg etter endringer i regelverket.

I 1995 ble propellene skiftet på *m/s Lyngen*. Dette førte til en reduksjon i bunkersforbruk på ca. 5 tonn per tur eller 4,5 % sammenlignet med søsterskipet *Vesterålen*. På årsbasis innebærer dette en besparelse på mellom 150 og 160 tonn bunkers, noe som reduserer det årlige CO₂ utslippet med nesten 500 tonn. Høsten 2007 er det planer om også skifte ut propellene på *Vesterålen*.

Opprinnelig var hurtigruteskipene, unntatt *Finnmarken*, bygget for tungoljedrift og skipene ble faktisk kjørt på tungolje. I dag benyttes lettere oljer til bunkers som MGO, SDM og en lett tungolje (IF 40). Dette har ført til en betydelig reduksjon i svovelutslipp.

Det har også vært gjort forsøk med vanninjeksjon på tre skip for å redusere NO_x utslippene. I følge Hurtigruten Group svarte ikke forsøkene til forventningene og anleggene er blitt demontert. Et problem med vanninjeksjon er en viss økning i bunkersforbruk. Imidlertid er det ikke satt i gang spesielle tiltak for å redusere NO_x utslipp som følge av nye avgiftsbestemmelser. Rederiet holder seg derimot orientert om utviklingen på dette feltet og hva som eventuelt finnes på markedet av utstyr som vil kunne føre til reduserte miljøbelastninger. Hittil har ikke gassdrift vært vurdert som framdriftsmiddel på hurtigruteskipene.

Diskusjon av hvorledes miljøbelastningene skal beregnes.

Å foreta beregninger av miljøbelastninger for transportmidler som står for både gods og passasjertransport kan by på utfordringer. Ingen metode gir eksakte tall. Nedenfor er tre alternativer diskutert.

a. *Hurtigruten kan primært sees på som et rent passasjertransportmiddel.* I denne forbindelse vil de totale utslipp ved driften bare være knyttet til passasjertrafikken. Begrunnelsen for dette er at utslippene ville vært de samme om det ikke ble tatt med last eller biler, og at det automatisk vil bli rom for last hvis det bygges et passasjerskip med de bekvemmeligheter som sees på som en nødvendighet i dag. Med en slik forutsetning vil transport av biler og gods ikke ha andre utslipp enn de som er knyttet til lasthåndteringen. I den utstrekning skipene benyttes i cruisetrafikk, vil utslippene i sin helhet være knyttet til passasjertrafikken.

b. *Alternativt kan vi sette 1 passasjer = 1 tonn.* Dette kan settes opp som en transportenhet, alternativt 1 passasjer = 1 pall. I likhet med tidligere undersøkelser kan 1pbe (personbilenhet) = 3 passasjerer. Ved å sette opp passasjer, gods og bilkapasiteten kan det potensielle årlige transportarbeide (i transportenheter) beregnes når utseilt distanse pr. år er kjent. Med utgangspunkt i dette kan fordelingen av utslipp på passasjerer, gods og biler foretas. For å kunne gjennomføre en slik beregning trenges forholdsvis detaljerte opplysninger om trafikk. En slik trafikkgjennomgang er forholdsvis arbeidskrevende og er derfor ikke mulig innenfor rammene av denne undersøkelsen.

c. Det tredje alternativet er basert på den andel av skipets nyttbare volum som er knyttet til transport av henholdsvis passasjerer, biler og gods. Utslippet fordeles i henhold til det relative volum.

Forholdet mellom plass i skipet benyttet av passasjerer, biler og last på de enkelte hurtigruteskipene samt antall rundturer Bergen-Kirkenes-Bergen er vist i tabellen nedenfor. For passasjeravdelingen er tallene gitt i m². For å beregne det totale volum er mellomdekkshøyden satt til 2,5 m. Det volum som framkommer er benyttet i utslippsberegningene i dette alternativet.

Tabell 5.2: Fordeling av volum og antall rundturer for det enkelte hurtigruteskip i 2006. Kilde: Hurtigruten Group.

Skip	Passasjerer m ³	Bildekk m ³	Lasterom m ³	Pallplasser Europaller	Rundturer 2006
Nordstjernen	450	-	653	150	19
Lofoten	450	-	670	170	20
Lyngen	788	1400	1234	356	14
Vesterålen	788	1400	1234	356	33
Kong Harald	1977	1700	768	270	26
Richard With	1977	1700	768	270	33
Nordlys	1977	1700	768	270	29
Polarlys	2047	1780	1100	447	31
Nordkapp	2047	1780	1100	357	14
Nord Norge	2047	1780	1100	357	12
Trollfjord	2935	1800	1078	357	33
Finnmarken	2935	1800	1000	343	32
Midnatsol	2935	1800	1078	357	21

Det totale årlige utslipp for det enkelte skip er basert på årlig utseilt distanse, bunkersforbruk og type drivstoff, og fordeles i henhold til forholdene beskrevet ovenfor. Når transportarbeidet for passasjerer, biler og gods er kjent kan utslippet pr. passasjerkm., bilkm. og tonnkm. (evt knyttet til paller) beregnes. Den totale distanse for en rundtur Bergen – Kirkenes – Bergen er 2776 n. mil eller 5141 km.

Konkurrerende persontransportmidler

Når det gjelder passasjertransport møter Hurtigruten konkurranse med tog, buss og fly på strekningen Bodø-Trondheim. Mellom Tromsø og Trondheim er fly i realiteten det eneste realistiske alternativ til Hurtigruten, selv om det er mulig å reise med buss til Fauske og tog, evt. buss videre til Trondheim. På alle strekninger vil Hurtigruten møte konkurranse fra personbiltrafikken.

Reisetiden med Hurtigruten er 25 timer mellom Trondheim og Bodø og 50 timer mellom Trondheim og Tromsø. Til sammenligning er flytiden henholdsvis 55 minutter og 2 timer 5 minutter med SAS Braathens. Det er seks daglige flyavganger mellom Bodø og Trondheim med SAS Braathens, Widerøe tilbyr 8 daglige

flyavganger med en flytid på ca. 2 timer. SAS Braathens benytter fly av typene Boeing 737-500 og 737-600. Widerøe bruker fly av typen DASH 8-100.

Tabell 5.3: Transportdistanse mellom Trondheim og Bodø/Tromsø

Transportmiddel	Distanse Trondheim – Bodø (km)	Distanse Trondheim – Tromsø (km)
Skip	578	1044
Fly	450 + 32 km. tilbringertjeneste	776 + 37 km tilbringertjeneste
Buss	689	1081
Tog	729	1128 (buss til Fauske)

For flytrafikken kommer imidlertid en forholdsvis betydelig tilbringertjeneste til/fra flyplassen på Værnes. Med en anslått frammetid på flyplassen på ca. 1 time, med busstur på nesten en time, vil den totale reisetid med fly ligge på 3 og 4 timer. Hurtigruten har en avgang hver dag.

Reisetiden med tog mellom Trondheim og Bodø varierer fra 9t 50 min og 10 t 40 min. Mellom Tromsø og Fauske er reisetiden 10 t 40 min, slik at total reisetid med buss og tog på strekningen blir ca 21 timer. Det ser ikke ut til at det tilbys bussruter mellom Bodø og Trondheim.

Utslipp fra transportmidlene, persontransport

Ved vurdering av utslippene fra Hurtigruten er det valgt å bruke alternativ "a" og "c" fra diskusjonen ovenfor. Med forskjell i størrelse og bunkersforbruk på skipene, vil utslippet per passasjer variere med skipstype. I denne forbindelse er det valgt å ta eksempler fra skip bygd i 1983 (*Vesterålen*), 1993 (*Kong Harald*) og 2003 (*Midnatsol*). Bunkersforbruket er anslått på bakgrunn av totalt forbruk per rundtur fordelt på distansene Trondheim-Bodø og Trondheim-Tromsø.

Den beregnede andel av skipet som benyttes til passasjerer for disse tre skipene er beregnet til henholdsvis 43, 63 og 72 %. Utslipet fra fly og tog er beregnet ved hjelp av utslippskalkulatoren fra SAS Braathens og Vestlandsforskning.

Tabell 5.4: Anslått utslipp for alternative transportmidler. (Kilder: Tall fra Hurtigruten Group, SAS Braathens og Vestlandsforskning)

Transportmiddel (kapasitetsutnyttelse)	Mellom Trondheim og Bodø		Mellom Trondheim og Tromsø	
	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)	CO ₂ (kg)	NO _x (kg)
Vesterålen alt. "a"(36 %)**	430/277	6,8/4,4	776/500	12,2/7,9
Vesterålen alt. "c" (36 %)	184/119	2,9/1,9	333/215	5,2/3,4
Kong Harald alt. "a" (36 %)	394/279	6,2/4,4	711/505	11,2/8,0
Kong Harald alt. "c" (36 %)	248/175	3,9/2,8	447/318	7,1/5,0
Midnatsol alt. "a" (36 %)	303/201	5,4/3,2	552/358	9,3/5,6
Midnatsol alt. "c" (36 %)	218/144	3,9/2,3	397/258	6,7/4,0
Fly, Boeing 737/500 (50 %)	131,4	0,33	224,8	0,56
Tog – lok og vogner (36 %)	45,8	0,68	59,6**	1,16
Tog – diesel krengetog (36 %)	39,9	0,59	57,1**	1,08
Buss* (36 %)	26,2	0,83	41,1	1,30

*Det er ingen faktisk bussruter på strekningene ** Buss Tromsø-Fauske

*** Alternativt lugar- eller passasjerkapasitet for alle hurtigruteskipene

En direkte sammenlikning mellom Hurtigruten og andre transportmidler når det gjelder utslipp er kanskje ikke helt rettferdig. Vi har eksempelvis ikke vurdert utslipp fra hurtigruteskipene med cruiseskip som driver ren turisttrafikk. Hurtigruteskipene er i prinsippet flytende hoteller, selv om de har en del fasiliteter for å løse andre transportbehov. For passasjerenes komfort inneholder de lugarer, ytre rom som spisesaler, salonger etc. Dette innebærer at det forflyttes vesentlig mer "transportmiddel" enn det som er tilfelle med konkurrerende transportmidler, som strengt tatt bare har den nødvendige plass for direkte forflytning av passasjerene.

Regnes alt utslipp som direkte knyttet til passasjertransport vil de nye og større hurtigruteskipene ha et lavere relativt utslipp enn de eldre. Dette henger i første rekke sammen med at passasjerkapasiteten er økt mer enn maskineffekten. Dette kommer særlig tydelig fram når "Stralsundskipet" *Kong Harald*, bygd 1993, sammenliknes med *Midnatsol* bygd ti år senere. Utslipper per passasjerplass er redusert med nesten 25 %. Motoreffekten ble faktisk redusert med 8 % samtidig som passasjerkapasiteten økte med 32 %. Forholdet blir ikke så opplagt når vi fordeler utslippene på gods, biler og passasjerer. Ved en slik sammenlikning ser vi også en bedring fra Stralsundskipene til de aller nyeste hurtigruteskipene, men reduksjonen i utslipp av CO₂ pr. passasjer er på kun ca 13-17 % avhengig av om det regnes i henhold til køyeplasser eller passasjersertifikat. Årsaken til forskjellene mellom de to beregningsmetodene henger sammen med at de nyere skipene har en relativt større andel av skipets volum beregnet på passasjerer enn de eldre skipene.

Fordelingen av utslipp på passasjerer, gods og biler, viser at forskjellen i utslipp mellom fly og hurtigruteskipene blir vesentlig mindre enn hvis vi regner at alle utslipp fra hurtigrutene er knyttet til passasjertransport. Buss ser ut til å ha det laveste

utslipp per passasjer. Selv med en vesentlig lavere kapasitetsutnyttelse enn for fly, har fly 5 ganger så høyt CO₂ utslipp som en eventuell bussrute mellom Bodø og Trondheim. Mer interessant er at flyutslippet er over 3 ganger så høyt som for tog. For strekningen Tromsø-Trondheim har fly et CO₂ utslipp som er 3,7 ganger høyere enn den kombinerte buss/togrute på strekningen. Imidlertid er utslippet av NO_x lavere for fly enn for buss og tog. Også tog har betydelig lavere CO₂ utslipp enn fly. Nyere diesel krengetog har et CO₂ utslipp som er 14 % lavere enn ved bruk av lokomotiv og vogner. De lettere krengetogsettene kan imidlertid bare benyttes som dagtog. Dessuten er de trolig mer utsatte for driftsavbrudd om vinteren enn tradisjonelle tog med lokomotiv og vogner.

Utvikling av flymateriellet

På norske stamruter benyttes hovedsaklig forskjellige varianter av Boeing 737. Tidligere ble også fly av typen MD-81 og DC 9 - 41 alternativt MD-82 benyttet. Sammenlignet med fly av typen DC 9/41 har nyere flytyper et noe lavere CO₂ utslipp anslagsvis 14 %.

Tabell 5.5: CO₂ og NO_x utslipp for noen flytyper på stamrutenettet. Kabinfaktor 66 % (Tall fra Vestlandsforsknings utslippskalkulator)

Flytype	Bodø - Værnes		Tromsø-Værnes	
	CO ₂	NO _x	CO ₂	NO _x
737	100,2 kg	0,24 kg	154,0 kg	0,40 kg
MD-81	101,7 kg	0,43 kg	157,9 kg	0,56 kg
MD-82	103,5 kg	0,43 kg	160,9 kg	0,57 kg
DC 9/41	117,45 kg	0,27 kg	176,3 kg	0,37 kg

For å kunne foreta en bredere sammenligning av flytypene er det valgt å benytte SAS Braathens utslippskalkulator på strekningen Oslo-København. Denne strekningen er ubetydelig lenger enn avstanden Bodø-Trondheim. På denne strekningen er det mulig å sammenligne flere flytyper enn ved ruter i Norge, da utvalget i denne delen av utslippskalkulatoren er bredere enn for norske ruter.

I følge SAS Braathens er utslippskalkulatoren basert på ren passasjertransport. Dersom flyene også brukes til å frakte last, regnes ca. 25 % av utslippene som relatert til godstransport.

Tabell 5.6: Forbruk liter/passasjer, CO₂ og NO_x utslipp for noen flytyper på strekningen Oslo-København. Distanse 518 km. Kabinfaktor 70 %. (Kilde: SAS Braathens utslippskalkulator)

Flytype (passasjerer)	Forbruk liter/passasjer	Utslipp per passasjer (kg)	
		CO ₂	NO _x
MD 81 (150)	35,5	89,5	0,39
MD 82 (150)	35,5	89,5	0,39
MD 87 (125)	38,7	97,6	0,42
Boeing 737-400 (150)	27,3	68,8	0,23
Boeing 737-500 (120)	32,8	87,3	0,32
Boeing 737-600 (112)	35,1	88,5	0,23
Boeing 737-700 (134)	29,6	74,7	0,34
Boeing 737-800 (150)	29,1	73,4	0,24
Boeing 737-800 (176)	25,3	63,8	0,21
Airbus A 319 (141)	27,9	70,2	0,32
Airbus A 320 (184)	25,2	63,6	0,39

Det ser ikke ut til å være forskjeller av betydning når det gjelder CO₂ utslipp for 737 variantene som var i drift i 1996 og i 2007. Nyere varianter ser i enkelte tilfeller derimot til å ha et høyere forbruk enn eldre (737-400 sammenlignet med 737-800, begge med plass til 150 passasjerer). Dette henger trolig sammen med høyere vektorer for de nyere flytypene bl.a. som følge av lenger rekkevidde. Boeing flyene har gjennomgående lavere NO_x utslipp enn MD- og Airbus flyene. Større fly har forståelig nok lavere utslipp per passasjer enn mindre fly, da drivstofforbruket ikke øker proporsjonalt med antall passasjerer.

På bakgrunn av det forholdsvis beskjedne tallmaterialet, ser det ikke ut til å ha vært noen vesentlig utvikling i retning av lavere utslipp fra fly de siste ti årene. Boeing hevder imidlertid at deres nye fly 787 (200-300 passasjerer) vil ha 20 % lavere drivstofforbruk enn eksisterende fly av tilsvarende størrelse.

6 GODSTRANSPORT MED TOG, SKIP OG LASTEKAR

Hurtigruten tilbyr godstransport med daglige avganger både nordover og sørover til og fra samtlige av sine anløpsteder. I denne trafikken møter Hurtigruten konkurranse fortrinnsvis med lastebil, men Hurtigruten møter også konkurranse fra godsbåter og tog på strekninger som Bodø-Trondheim. NOR Lines as konkurrerer med Hurtigruten langs hele strekningen mellom Kirkenes og Bergen. Hurtigrutens konkurransefortrinn i denne forbindelse ligger i daglige avganger, mens NORlines har avgang tre ganger per uke sør for Tromsø. For å betjene havner lenger nord er det to ukentlige turer til Hammerfest og en tur til Kirkenes. Imidlertid er godsbåtene mer fleksible når det gjelder containere og store kolli. Dessuten betjener NOR Lines også havner i Oslofjorden, Polen, Tyskland og Danmark. Seatrans har ruter mellom Norge og Kontinentet.

Tabell 6.1: Eksempel på noen kystgodsbåter i ruter mellom Sør-Norge og Nord-Norge (Kilde: NOR Lines)

Skip	Byggeår	Dødvekt (tonn)	Kapasitet		Hovedmotor (kW)	Fart (knop)	Bunkers (tonn/dag)
			Europaller	TEU			
Norskott	1979*	2530	2774	42	2639	13	10,0
Nordjarl	1985	2607	1600	36	3220	15	10,0
Nordvær	1986	2067	1215	39	2050	13,5	8,0

* Forlenget 1981, sideport 1987

Det er ikke bygd skip til kystgodsruter siden midten av 1980-årene. Skipene i tabellen ovenfor er derfor typiske for kombinerte pall/containerskip som benyttes i slike ruter. Flere kystgodsskip har kjøle/frysekapasitet.

For linjer mellom Norge og Kontinentet har Seatrans kontrahert to 5000 dwt. ro-ro skip i India. Skipene kan også transportere paller og container og er bl.a. utstyrt med en 50 tonns kran.

Både Hurtigruten og kystgodsrutene konkurrerer med vogntog på alle aktuelle strekninger, og med jernbanen på strekningen Bodø-Trondheim. Med jernbanen er tid fra slutt på lasting til lossing kan begynne på mottagerstedet ca. 13 timer. For lastebiltransport er kjøretiden mellom Bodø og Trondheim omtrent den samme som for jernbanen. Med kystgodsrutene vil transporttiden mellom Bodø og Trondheim være noe lenger enn for Hurtigruten, og vil ligge på 30-35 timer, avhengig av antall anløpssteder underveis.

Siden 1996 er det satt inn nytt lokomotivmaterieell i godstrafikken på Nordlandsbanen. Mens det tidligere ble benyttet lokomotiver av type Di 3, bruke *Cargonet* i dag to typer lokomotiver, Di 8 og CD 66. Jernbanen tilbyr stort sett daglig transport mellom Trondheim og Bodø.

Jernbanestrekningen Bodø – Trondheim er 729 km. Det gjennomsnittlige godstog består av 18 vogner med en total vekt på 900 tonn. Av dette utgjør nyttelast omtrent $\frac{2}{3}$ (CargoNet). En realistisk godsmengde er derfor 600 tonn. Imidlertid kan det være forskjell på trafikk avhengig av retning med mer trafikk nordover enn sydover. For å framføre et tog på 900 tonn trenges 2 stk. Di 8 lokomotiver, mens ett CD 66 lokomotiv er tilstrekkelig.

Tabell 6.2: Tekniske data for godstoglokomotiver som benyttes av Cargonet (Kilde: Cargonet)

Lokomotiv	Byggeår	Antall i drift	Vekt (tonn)	Aksler	Motor (kW)	Forbruk (liter/lokkm)*
Di 8	1996-97	20	82	4	1570	1,0
CD 66	2003	6	126	6	2240	1,5

*I tillegg kommer 0,0039 liter/tonnkm trukket (last + vogner)

Forbruk og utslipp

Kommersielt er det i dag tilgjengelig dieselmotorer for skip med 20 % lavere NO_x utslipp enn i 1996, imidlertid har tiltakene for å redusere NO_x ført til 2-4 % høyere drivstofforbruk. Generelt sett har det imidlertid vært forholdsvis liten framgang når det gjelder å redusere NO_x utslippene fra skipsfarten. IMO (International Maritime Organisation) satser på å få til en NO_x reduksjon i to trinn, 20 % reduksjon innen 2010 og 40 % innen 2015. Det arbeides også for å redusere partikkelutslipp og utslipp av CO. I Norge står innenriks skipsfart og fiske for 40 % av dagens totale NO_x utslipp.

Kravene for teknologi er imidlertid mer eksplisitte for lastebiler enn for skip. EU har innført utslippstandarder for dieselmotorer når det gjelder NO_x, CO, HC og partikler. Den første "Euro 1" trådte i kraft fra 1992. De gjeldene standarder "Euro IV" ble innført fra 2005. I løpet av disse årene har minimumskravet til NO_x utslipp blitt redusert fra 8 gram/kWt til 3,5 gram. Neste standard "Euro V" krever at NO_x utslippet blir redusert til 2 gram. Disse utslippstandardene har ført til betydelige reduksjoner i utslipp fra veitrafikken. På den andre siden har det ikke vært noen reduksjon i dieselforbruket for lastebiler i samme periode.

Tabell 6.3: Euroklasser for lastebilmotorer, tidspunkt når de trer i kraft og enkelte av utslippskravene

Euroklasse	Trer i kraft	NO _x utslipp (g/kWt)	Partikler (g/kWt)
Euro II	1996	7,0	0,15
Euro III	2000	5,0	0,10
Euro IV	2005	3,5	0,02
Euro V	2008	2,0	0,02

Nedenfor er det vist en oversikt over anslått drivstofforbruk pr. tonnkm. for en del transportmidler. Tallene er basert på forbruksdata som er gitt tidligere i dette avsnittet. For Hurtigruten er det foretatt en fordeling av forbruk mellom gods, passasjerer og biler som diskutert i avsnittet om Hurtigrutens passasjertrafikk. For Hurtigruten er lasten satt til 750 kg. pr pallplass.

For kystgodsskipet er lasten satt til 70 % av dødvekten. I denne forbindelse er det tatt hensyn til at dødvekten også omfatter bunkers etc. Et 50 tonns vogntog vil normalt ha en maksimum last på ca. 30 tonn. Normal last vil ligge på 25 tonn. På godstog av den størrelse det er snakk om på Nordlandsbanen er det regnet med 500 tonn last.

Et problem for de fleste transportmidler vil være retningsubalanse og forskjellig transportteterspørsmål i ruteområdet. Ved faktiske transportopplegg kan det være til dels store problemer med tomkjøring da det ikke alltid er mulig å skaffe returlast. I slike situasjoner vil den gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelse bli lavere enn tallene som er benyttet i tabellen nedenfor. For å kunne ta hensyn til de faktiske transportmengder, trenges det et forholdsvis betydelig analysearbeid som ligger utenfor opplegget for denne undersøkelsen. Tallene i tabellen nedenfor skulle imidlertid være innbyrdes sammenlignbare.

Tabell 6.4: Lastekapasitet og drivstofforbruk for noen transportmidler

Transportmiddel	Last (tonn)	Forbruk (liter/km)	Forbruk (liter/tonnkm)
Hurtigrute - Vesterålen	266	9,1*	0,034
Hurtigrute - Kong Harald	202	4,6*	0,023
Hurtigrute - Midnatsol	267	5,2*	0,020
Kystgodsskip - Nordjarl	1825	18,7	0,010
Kystgodsskip - Nordvær	1450	16,7	0,012
Vogntog - 50 t. totalvekt	25	0,4	0,016
Godstog - CD 66	500	5,0	0,010
Godstog - Di 8	500	5,5	0,011

* Godsandelen av det totale forbruket

Med de transportmidlene som er tatt med i tabellen viser det seg at godstog har det laveste drivstofforbruket pr. tonnkm. Forskjellen til kystgodsskipet m/s *Nordvær* er i størrelsesorden 10 %. Forskjellen til lastebil er 45-50 %. Lastebilenes forbruk ligger 30 - 35 % høyere enn for m/s *Nordvær*. Man skal imidlertid være klar over at det kan være betydelige forskjeller på drivstofforbruket pr. tonnkm. for godsskip, mens moderne lastebiler i stor grad oppviser like forbrukstall. Det kan imidlertid være noe forskjell i forbruket avhengig av veiforholdene. I følge Mercedes importøren Bertel O. Steen vil en typisk vogntog i langtransport basert på Mercedes Actros med 45 tonn totalvekt og 460 hk. motor, vanligvis ha et forbruk på 4 liter/10 km mellom Oslo og Ålesund. På en tur mellom Ålesund og Bergen vil forbruket stort sett ligge ca. en liter høyere pr. 10 km. Årsaken til dette ligger i følge importøren dårligere veg og mye motbakker. Fra Volvos representant i Molde; Wist Last og Buss, er det oppgitt tilsvarende tall, et 50 tonns vogntog med 480 hk. motor har et forbruk på ca. 4 liter/10 km.

Tallene ovenfor bekreftes av Waagans Transport. I følge direktør Per Waagan har selskapets vogntog et gjennomsnittlig drivstofforbruk på 3,4 liter/10 km. ved 70-80 % av maks last. I følge kilden vil en økning av tillatt vogntoglengde til 25 meter ikke ha noen praktisk betydning for drivstofforbruket. En økning av tillatt totalvekt til 60 tonn er vanskelig å anslå, men et forbruk på ca. 5 liter/10 km. er realistisk. Med en anslått lasteevne på 40 tonn, som i praksis kanskje ligger på 35 tonn, vil dette gi en reduksjon i drivstofforbruk per tonnkm. på 10 – 12 %.

Større skip gir gunstigere bunkersforbruk per tonnkm. Med de forutsetninger om kapasitetsutnyttelse som er nevnt ovenfor vil de nye skipene til Seatrans, med en dødvekt på 5000 dwt, ha et forbruk per tonnkm. på 0,0075 liter. Dette er ca. 25-30 % lavere enn for de mindre kystgodsskipene *Nordvær* og *Nordjarl*. Høyere hastighet, for eksempel 20 knop, vil ha negativ effekt på et skips bunkersforbruk. En undersøkelse basert på Hjelle (2006) viser at et 14000 dwt ro-ro skip med en hastighet på 20 knop, vil ha et CO₂ utslipp per tur på 315 tonn mellom Stavanger og Harstad. Forutsatt at det transporteres 150 semitrailere, som tilsvarer 70% utnyttelse av skipets kapasitet, vil CO₂ utslippet per semitrailer transportert ligge på 2,1 tonn. NO_x utslippet er anslått til 38 kg. Seilingsdistansen er 1120 km. Til sammenligning vil en bil ha et CO₂ utslipp på strekningen være 1,9 tonn på tross av at kjørestrekningen er 1760 km (regnet 4 liter/mil i gjennomsnitt). NO_x-utslippet ble beregnet til 6,6 kg. Det må imidlertid gi et lite påslag for i utslipp for bruk av ferjer på strekningen. Bil og båt kan dermed sies å komme omtrent likt ut i dette tilfellet med de usikkerheter som gjelder i beregningene. Dersom skipets hastighet hadde vært redusert til 15 knop vil CO₂ utslippet trolig bli redusert til 177 tonn, eller 1,2 tonn per semitrailer transportert. En tilsvarende reduksjon vil kunne oppnås i NO_x

utslippet. Følgelig ville båt vært en klar vinner i forhold til biltransport ved en slik lavere seilingshastighet.

Utslipp på strekningen Trondheim - Bodø

I avsnittet nedenfor er det foretatt beregninger av utslipp fra de enkelte transportere på strekningen Bodø – Trondheim. Distansene de forskjellige transportmidlene tilbakelegger mellom disse byene, og som danner grunnlaget for utslippsberegningene, er de samme som ble anvendt i kapitlet ”Hurtigruten Bergen – Kirkenes”. Lastebilene vil normalt hente lasten hos avsender og levere den hos mottager. Normalt vil det derfor ikke bli noen tilbringertjeneste når gods sendes med bil. For jernbane og skip er det oftest nødvendig med en form for tilbringertjeneste. Lengden på denne kan variere sterkt. Ved store forsendelser henter kystgodsskipene ofte lasten på avsenders kai og leverer den på mottagerens kai. Jernbanen kan i enkelte tilfeller også hente og levere last hos avsender og mottager hvis disse har sidespor. En tilbringertjeneste vil føre til et ekstra utslipp som kommer i tillegg til utslipp som følge av framføringen med hovedtransportmidlet. Håndteringen av last vil også medføre utslipp. Forskjellen transportmidlene imellom er relativ ubetydelig, selv om tilbringertjenesten gjerne medfører flere håndteringer enn når last hentes og leveres direkte.

I beregningene nedenfor er det bare regnet med utslippene fra framføring med hovedtransportmidlet. Transportdistansene mellom Trondheim og Bodø varierer med transportmiddel, det er imidlertid regnet med at Hurtigruten og kystgodsskipene har samme utseilte distanse mellom de to byene. Med utgangspunkt i tabellen for forbruk per tonnkilometer, er det regnet med et gjennomsnittlig forbruk på 0,011 liter/tonnkilometer for kystgodsskip av den størrelse det her er snakk om.

Tabell 6.5: Forbruk og utslipp per tonn last transportert mellom Trondheim og Bodø med noen transportmidler.

Transportmiddel	Distanse (km)	Forbruk/tonn last (kg)	Utslipp/tonn last	
			CO ₂ (kg)	NO _x (kg)
Hurtigrute - Midnatsol	578	9,25	29,3	0,46
Kystgodsskip	578	5,09	16,1	0,25
Tog – lok CD 66	729	5,83	18,5	0,29
Vogntog (Euro IV)	688	8,80	27,9	0,44 (0,18)

Med de forutsetninger som er nevnt ovenfor, vil kystgodsskip ha det laveste utslipp av CO₂ på strekningen Trondheim – Bodø. Dersom det regnes at alt drivstofforbruk med hurtigruten er knyttet til passasjertransport, vil Hurtigruten ikke ha noe utslipp knyttet til godstransport. (Se diskusjon i avsnittet ”Hurtigruten Bergen – Kirkenes”). I tillegg til et lavere spesifikt forbruk per tonnkilometer, har kystgodsrutene ofte

fordelen av at seilingsdistansen er kortere enn distansen som må tilbakelegges av tog og vogntog.

Mellom Ålesund og Stavanger for eksempel, er seilingsdistansen 487 km., mens et vogntog som kjører rv. 1 på strekningen må tilbakelegge ca. 600 km. I tillegg kommer 7 ferjestrekninger. Disse har en samlet lengde på ca. 45 km.

Kortere distanse sjøveien vil ikke alltid være tilfelle, eksempelvis på strekninger mellom Nord-Norge og Oslofjordområdet. Mellom Bodø-Oslo for eksempel er sjøveien 1726 km. mot 1234 km. på vei. Jernbanestrekningen er 1282 km. over Dombås og 1283 km. over Røros.

Mulig gassdrift for kystgodsskip

Gassdrift for kystgodsskip vil gi tilsvarende reduksjoner i CO₂ og NO_x utslipp som for ferjer og supplyskip. Forutsatt tilfredsstillende bunkringsmuligheter for gass vil gassdrift være et alternativ for kystgodsskip i fremtiden. I dag finnes bunkringsmuligheter så langt nord som Mosjøen. For godsruiter som seiler lenger nord kan et alternativ være å benytte skip med dual fuel anlegg som kan gå på både diesel og gass. Skipene kan således kjøres på diesel på de nordligste strekningene. På sikt må det imidlertid gjøres regning med at gass blir tilgjengelig over hele landet.

Muligheten for gassdrift for kystgodsskip har vært diskutert med Marintek. Det framkom at ombygging fra diesel til gassdrift er lite realistisk. Gassdrift er imidlertid et alternativ ved nybygging.

7 TAUBÅTER OG SUPPLYSKIP

Det er i dag et betydelig antall supply- og andre offshorefartøyer samt taubåter som eies av norske rederier. Østensjø Rederi AS i Haugesund er et eksempel på et rederi som er engasjert i slik virksomhet.

Rederiets flåte består av 8 supply/offshorefartøyer, 11 taubåter og 4 tau/trosse-håndteringsfartøyer. I tillegg har rederiet tre supply/offshorefartøyer i ordre for levering i 2007 og en taubåt for levering i 2007 og en for levering i 2008. Tabellene nedenfor viser en oversikt over rederiets fartøyer.

**Tabell 7.1: Supply- og andre offshorefartøyer tilhørende Østensjø Rederi AS.
(Data fra rederiet)**

Skip	Byggeår	Lengde o.a. (m)	Tonnasje brt/dwt*	Hovedmotor kw totalt	Hastighet Maks/økon.(knop)	Forbruk (tonn/dag)	
						maks	økonomi
Edda Sprite	1987	71.30	2348/3200	4530	14.7/11.0	21	7
Edda Frende	1991	87.10	2775/3750	4885	12.0/11.0	22	8
Edda Frigg	1997	84.00	2898/4200	7100	15.0/12.0	23	12
Sagitario+	2000	69.40	2264/-	11100	16.0/12.5	44	16
Edda Fonn	2003	84.70	4505/2354	7730	15.5/13.0	30	14
Edda Fram	2007	85.80	3800/4100	4440	15.5/13.0	28	13
Edda NB 117	2007	108.70	/6200	12000	17/15	-	-
Edda NB 29	2007	95.00	6430/4900	10500	18/-	-	-
Edda NB 443	2007	85.80	3800/4100	5000	15.5/13.0	28	13
Edda Frøya	1991/00/02	87.10	3000/3493	4485	12.0/11.0	22	8
Edda Fjord	2002	104.85	5886/6600	12600	16.0/13.0	48	24

* sommer fribord + Multipurpose, brannslukking

De eldre fartøyene er i hovedsak tradisjonelle supplyskip, mens de nyere og særlig nybyggingene er beregnet på å kunne utføre en rekke forskjellige oppdrag. NB 117 er et såkalt IMR fartøy. Dette innebærer at det skal kunne benyttes til inspeksjon, vedlikehold og reparasjon av undersjøiske installasjoner. Det noe mindre NB 29 skal primært benyttes til inspeksjoner. På grunn av betydelige variasjoner i oppdrag vil også bunkersforbruket variere sterkt. Oppdragene og driften har større innvirkning på forbruket enn eventuelle besparelser som kan oppnås ved tekniske tiltak. Imidlertid har rederiet foretatt motortekniske ombygginger som kan gi i miljømessige forbedringer de tilfeller hvor dette har vært hensiktsmessig.

Edda Fonn er utstyrt med firemotors hovedmaskineri. Skipet har dieselelektrisk framdrift. Dette innebærer at det er mulig å tilpasse kraftproduksjonen etter behov. Samtidig gir anlegget stor driftsstabilitet da skipet ikke bare er avhengig av en dieselmotor. I følge rederiet har skipet i realiteten to atskilte framdriftssystemer da den elektriske tavlen kan deles i to. Det er imidlertid et problem at en ikke får

utnyttet systemet fullt ut da charterer krever at systemet må kjøres på en måte som ikke nødvendigvis er den mest driftsøkonomiske.

Edda Fjord har også dieselelektrisk drift, men her består anlegget av tre motorer, to på 3600 kW og en på 5400 kW, slik at total installasjon er på 12600 kW. Motorene er tilkoblet generatorer som leverer strøm til alle forbrukere om bord.

Nybyggingen *NB 117* får også dieselelektrisk drift. Skipet blir utstyrt med seks hovedmotorer, hver på 2000 kW. Systemet vil få stor fleksibilitet. Ekstraustyr som thrustere, pumpe-systemer og kraner krever elektrisitet utover det som trengs til framdrift.

NB29 og *NB 443* får også flermotoranlegg med henholdsvis fem og fire hovedmotorer. Disse to skipene blir utstyrt med Voith Schneider propeller, mens *NB 117* har framdrift basert på azimuth thrustere. Framdriftssystemene tilpasses til det enkelte prosjekt.

Tabell 7.2: Taubåter tilhørende Østensjø Rederi AS (Data fra rederiet)

Taubåt	Byggeår	Lengde o.a. (m)	Tonnasje (brt)	Hovedmotor (kw)	Hastighet* (knop)	Bollard pull (tonn)		Forbruk (tonn/døgn)
						Forover	Akterover	
Audax	1988	33.34	429	3260	13.5/-	57	52	-/-
Thorax	1993	45.48	1229	5330	14.5/11.0	90	85	20/11
Silex	1994	35.11	543	3700	14.0/-	62	58	-/-
Thrax	1994	35.11	543	3700	14.0/-	62	58	-/-
Felix	1995	30.80	397	2800	13.0	50	47	-/-
Alex	1995	30.80	397	2800	13.0/-	50	47	-/-
Dux	1985	29.70	315	2220	12.0	42**	-	-/-
Pax	1985	29.70	315	2220	12.0	42**	-	-/-
Ajax	2000	41.60	1032	7600	15.0/12.0	93***	-	36/16
Velox	2004	37.00	663	4880	15.0/12.0	65***	-	19/12+
Tenax	2006	37.00	643	5040	15.0/12.0	67***	-	19/12+
NB 437	2007	37.00						
NB 438	2008	37.00						

* Maks. hastighet/økonomisk hastighet ** Compass thruster ***Voith Schneider + m³

Utviklingen av taubåter har vært fokusert på å bygge inn flere funksjoner i skipene. Det har vært satset på bedre manøvreringsegenskaper bl.a. ved bruk av azimuth thrustere og Voith Schneider propeller. Voith propellene gir kort responstid og kan også føre til lavere bunkersforbruk når fartøyene seiler. Imidlertid avhenger en eventuell besparelse av hvor godt propellsystemet er tilpasset skroget. Når det gjelder utslipp har alle de nye taubåtene motorer som er optimalisert og sertifisert med henblikk på utslipp. Imidlertid er det vanskelig å gi konkrete tall, da bunkersforbruket varierer sterkt med fartøyets bruk. I praksis satser rederiet på å redusere farten for å spare drivstoff. Ved kai hentes strøm fra land.

Utviklingen videre blir til en hver tid styrt av de krav charterer stiller og hva de er villige til å betale for. I denne forbindelse prøver rederiet å få inn avtaler med charterer muligheten for å kunne operere med lavere hastighet enn spesifisert i chartret i tilfeller hvor dette er hensiktsmessig for å spare drivstoff og dermed redusere utslipp av CO₂ og NO_x.

Rederiet har i dag ingen gassdrevne skip, men tror at gassdrift kan bli aktuelt for skip som blir operert lokalt. Det samme er tilfelle med bruk av biodiesel, men internasjonalt er det lite fokus på dette.

På fartøyer som skal operere i Norge vil Østensjø rederi installere katalysatorer for å redusere NO_x utslipp. En forutsetning er at skipene seiler forholdsvis langt for at katalysatorene skal ha noen virkning. Ved høyt uttak på motorene kan det oppnås en reduksjon i NO_x utslipp på opp mot 90 %. Effektiviteten synker ved lavere belastning og en kan komme ned mot 0 ved laveste belastning. Tilgang på Urea som brukes i katalysatorene kan være et problem. Den norske NO_x avgiften vil i de fleste tilfeller kunne belastes charterer av skipene. Tiltak for å redusere denne vil derfor bli gjort i samsvar med hva charterer måtte ønske.

Enkelte av rederiets skip må regne med å være ute kanskje ett år før de kommer til land. Det er i dag ikke mulig å få levert gass ute på havet slik som det er mulig med diesel i dag. På slike fartøyer mener rederiet at gassdrift derfor er utelukket. Dersom et fartøy derimot har en langsiktig avtale hvor operasjonen medfører at skipet er i land hver uke blir gass et realistisk alternativ. At gass i dag er avgiftsfritt fører til at det i enkelte tilfeller kan være direkte lønnsomt. Gass er neppe et alternativ for kombinerte tau/linebåter.

Når det gjelder bruk av brenselceller tror rederiet at dette kan bli vanligere i løpet av en tiårsperiode. Per i dag er det lite hensiktsmessig med ren brenselcelledrift for skip. Teknologien må kombineres med andre systemer før den blir brukbar i skip. Anleggene blir kompliserte og vil kreve høy kompetanse. Mangel på slik kompetanse er en utfordring for flere rederier allerede i dag.

**Tabell 7.3: Tau/linehåndteringsbåter i drift for Østensjø Rederi AS.
(Data fra rederiet)**

Fartøy	Byggeår	Lengde o.a.	Tonnasje (brt)	Hovedmotor (kw)	Hastighet (knop)	Bollard pull (tonn)	Forbruk (tonn/døgn)
Fox	1988	11.15	-	220	9.5	4.0	-
Rex	1988	11.15	-	220	9.5	4.0	-
Ibex	1993	14.40	-	440	9.2	7.6	-
Asterix	2000	13.00	-	410	10	9.5	-

Østensjø Rederi AS har i dag fire kombinerte tau/linehåndteringsbåter. Dette er forholdsvis små fartøyer. Av denne grunn satset det lite på utviklingen av slike fartøyer bortsett fra at det anvendes motorer med moderne teknologi. Rederiet ser ikke bort fra at gassdrift kan bli aktuelt, men tror ikke at charterer vil stille krav om dette.

Rederiet Eidesvik Offshore ASA har satset på gassdrevne forsyningskip. Rederiet fikk sitt første gassdrevne forsyningskip *Viking Energy* i 2003. Det andre gassdrevne forsyningskipet kom i 2004. Et tredje skip er i ordre. Erfaringer fra rederiets gassdrevne forsyningskip tilsier at NO_x utslippet reduseres med 89 %. På årsbasis tilsvarer dette utslippet fra 20 000 biler eller 160 tonn per skip. Utslippet av CO₂ reduseres med 23 % sammenlignet med tilsvarende dieseldrevne skip. Imidlertid må det tas hensyn til at det slippes ut noe uforbrent metan. Dette reduserer noe den gunstige klimaeffekten av redusert CO₂ utslipp. I følge Marintek vil den faktiske bedring ved gassdrift ligge på 12-15 %. Ved mye tomgangskjøring vil metan-utslippene øke. Dette vil føre til ytterligere reduksjon i effekten ved redusert CO₂ utslipp som følge av gassdrift.

Eidesviks gassdrevne skip er utstyrt med gass/diesel dual fuel maskineri dvs. at de kan kjøres på både gass og diesel. Erfaringer med *Viking Energy* viser at det kjøres på gass over 92 % av tiden. *Viking Energy* har en bunkringskapasitet for ti døgn drift, men ved operasjoner på Osebergfeltet etterfylles gass to ganger pr. uke. Det nye gasskipet er basert på *Viking Avant* design, dvs. med overbygningen akter. Dette er i følge rederiet primært gjort for å bedre forholdene for mannskapet.

I samarbeid med bl.a. Det norske Veritas er Eidesvik Offshore ASA engasjer i et forskningsprosjekt vedrørende bruk av brenselcelleteknologi om bord i skip. Resultatene fra forprosjektet konkluderte med at brenselceller kan bli benyttet i kommersiell skipsfart. Som følge av dette vil et 7-800 kW anlegg bli installert i et av Eidesvik Offshores skip mot slutten av 2008. Anlegget vil gjøre tjeneste som hjelpemotor. Hensikten med dette prøveprosjektet er å vis at brenselceller kan benyttes om bord i skip med de utfordringer det fører med seg i form av bevegelser, fuktig luft etc.

Som en naturlig fortsettelse av prosjektet gjør Eidesvik Offshore regning med at fullskala anlegg vil kunne installeres i et skip i løpet av tre år hvis en kunde skulle ønske det. Hvis det for eksempel installeres fire celler, vil disse også generere mye varme i form av vanddamp. I stedet for at denne slippes ut til atmosfæren kan dampen nyttes til å drive turbiner som igjen genererer energi.

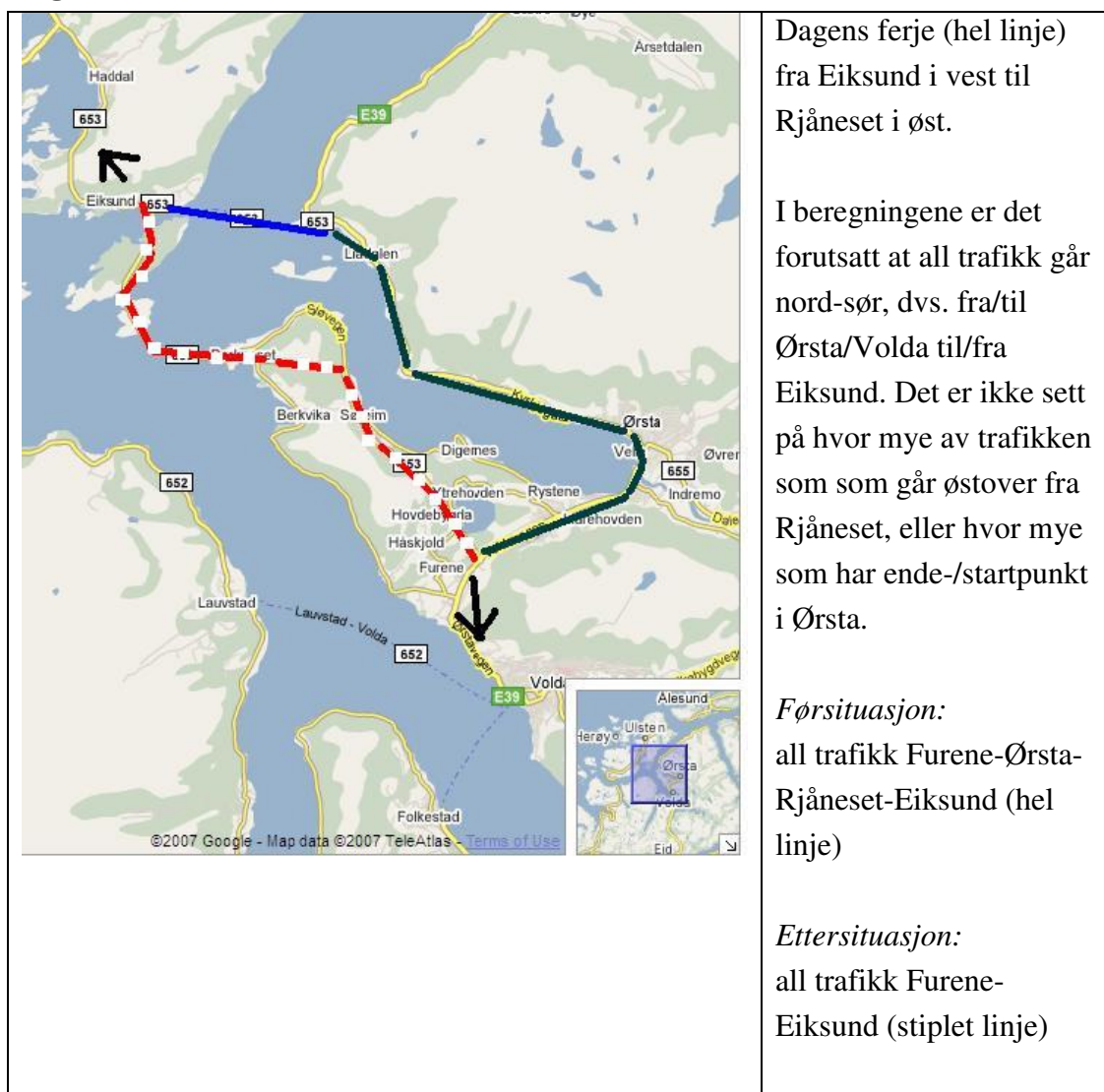
På sin hjemmeside viser Eidesvik Offshore til antatte utslipp fra brenselceller. Hvis brenselcelle baseres på drift ved hjelp av hydrogen, forventes ikke andre direkte utslipp enn varme og vann. Brukes derimot naturgass som driftsmiddel, hevder rederiet at det vil bli en reduksjon i CO₂ utslipp på opp til 50 % sammenlignet med dieselmotorer av tilsvarende ytelser. Dette kan synes noe høyt når vi sammenligner med diesel- og gassferjer (kapittel 2), der faktiske målinger indikerte en reduksjon på mellom 15% og 30% ved sammenligning mellom gasselektrisk og dieselektrisk drift.

8 FERJEAVLØSNING: EIKSUNDSAMBANDET

Beskrivelse

Eiksundsambandet er under bygging, og det innebærer avløsning av ferje samt en viss økning i kjøredistanse når vi tar med den undersjøiske tunnelen og tilstøtende vegnett.

Figur 8.1: Eiksundsambandet



Ferjedrift

Eiksundsambandet trafikkeres normalt av ei ferje, MF Solnør, 36 PBE. I tillegg kjøres en suppleringsferje, MF Hareid, 22 PBE, morgen og ettermiddag.

Lengde ferjestrekning: 3400m

Takstzone 4 + bompenger = takstzone 7

A-ferja: 6400 driftstimer per år, 115 ltr. diesel pr. time

B-ferja: 1300 driftstimer per år, 65 ltr. diesel pr. time

Gjenstående biler var 2 % i 2005, men dette tallet er antagelig i overkant på grunn av noe mangelfullt statistikkgrunnlag¹.

Ved fortsatt ferjedrift ville en sannsynligvis ha satt inn både større B-ferje, muligens også større A-ferje². For å ta høyde for dette er det for enkelhets skyld er det derfor regnet likt forbruk for begge ferjene, dvs. 115 liter/time og til sammen 7700 driftstimer. Tabellene nedenfor viser forbruk og utslipp for ferjedriften.

Tabell 8.1: Årlig forbruk ferje (inkl 2,5% indirekte energibruk)

Forbruk 1000 liter/år (tonn)	CO ₂ tonn/år ³	NO _x tonn/år ⁴
908 (763)	2417	53

Tabellen nedenfor angir beregnet forbruk og utslipp i analyseperioden 2008-2033.

Tabell 8.2: Sum forbruk ferje over 25 år

Forbruk mill liter ⁵	CO ₂ mill kg	NO _x tonn
23,3	62,0	1367

Ferjene har lang levetid, derfor blir det indirekte forbruket knyttet til produksjon av ferjemateriellet relativt lavt sammenlignet med kjøretøy ellers, der denne kan ligge på rundt 16 % (se senere fotnote).

Trafikk

Tabellen nedenfor viser trafikkutviklingen i årsdøgntrafikk (ÅDT) for ferjesambandet Eiksund-Rjåneset⁶.

¹ Mottatt fra Statens Vegvesen i forbindelse med analyse av å innføre gratis ferje. Det er innrapportert svært høye verdier for enkelte måneder eller dager i måneden. Verdiene synes usannsynlig høye.

² Mottatt fra Fjord1/MRF, personlig meddelelse v/ Myklebust

³ 3,17 tonn CO₂ per tonn drivstoff

⁴ 70 kg NO_x per tonn drivstoff

⁵ Inkl. 2,5% indirekte energibruk

⁶ Mottatt fra Fjord1 MRF

Tabell 8.3: Trafikkutviklingen

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	...	2033	2033 ⁷
Kjt	677	702	692	672	681	725	788	...	1120	906
Kjt Lette < 10m	653	679	667	648	654	694	751	...	1080	873
Kjt Tunge 10m+	24	23	24	24	27	32	37	...	40	32

Det er ventet en trafikkøkning ved åpning av Eiksundtunnelen på 30% og 1% økning per år deretter⁸. Tallene til og med 2006 i tabellen over gjelder dagens ferjesamband, og tallet for 2033 er prognostisert økning, dvs. at det i 2033, 25 år etter åpning, vil passere 1120 mot 672 kjøretøy per døgn, dvs. en økning på 67 %. Vi har her forutsatt lik økning for både tunge og lette kjøretøy. Med årlig vekst på 1 % uten tunnel (siste kolonne), ville trafikken ha vært 933 mot 672, dvs. en økning på 39 %.

Tungtrafikken (her regnet som kjøretøy over 10m) utgjør 4 % av alle kjøretøy. Vi har forutsatt lik fordeling også etter åpning av tunnelen.

Vegtrafikken

Det er ikke foretatt en detaljert vurdering av trafikkmønsteret før og etter åpning for å beregne konsekvensene av Eiksundtunnelen. Vi forsetter at all ferjetrafikk i før-situasjonen kjører hele strekningen Rjåneset-Furene, mens den etter tunnelåpning kjører Eiksund-Furene. Dette er en forenkling, idet det kan gå noe trafikk østover til/fra Ørsta og Festøya, som nå får lengre veg. Mesteparten av trafikken vil imidlertid gå nord-sør. Disse får nå noe kortere veg:

Før: a) Furene-Rjåneset 17,1 km b) ferje c) Eiksund-tilknytning ny veg 0,5 km. Sum 17,6 km.

Etter: Ny veg Furene-Eiksund (tilknytning gammel veg) 14,9 km
Innkorting: 2,7 km.

Tabellene nedenfor angir trafikkfordelingen i analyseperioden 2008-2033, sammenlignet for med og uten tunnelforbindelse, samt forbruksforutsetninger og utslipp.

⁷ 1% årlig vekst 2003-2033 (trafikkutvikling uten engangsvekst)

⁸ Hentet fra prosjektets hjemmeside, www.vegvesen.no/region_midt/prosjekter/eiksundsambandet. Vi har valgt å ta utgangspunkt i tallene for 2003, dvs. 30% økning fra 2003 som et antatt 2008-tall og deretter 1% økning per år for situasjonen med tunnel, og for situasjonen med fortsatt ferje har vi regnet 1% økning fra 2003.

Tabell 8.4: Trafikkfordelingen

	Med tunnel		Uten tunnel	
	Antall kjøretøy 2008-2033 (mill. kjøt.)	Utkjørt distanse 2008-2033 (mill. km)	Antall kjøretøy 2008-2033 (mill. kjøt.)	Utkjørt distanse 2008-2033 (mill. km)
Sum kjøretøy	9,41	140,28	7,61	130,16
Lette < 10m	9,08	135,27	7,34	125,51
Tunge > 10m	0,34	5,01	0,27	4,65

Tabell 8.5: Forbruksforutsetninger kjøretøy

Kjøretøytype	Forbruk liter/10 km	kg CO2/10 km	kg NOx/10 km
Lette	0,8	2,1	0,004 (med kat.)
Tunge	4	10,6	0,17

Tabell 8.6: Utslipp kjøretøy, perioden 2008-2033.

Med tunnel

Kjøretøytype	Forbruk mill liter	Mill kg CO2	tonn NOx
Lette	10,8	28,14	54,11
Tunge	2,0	5,21	85,17
Indirekte energibruk⁹	2,1	5,34	87,30
Sum	14,9	38,68	226,58

Med ferje

Kjøretøytype	Forbruk mill liter	Mill kg CO2	tonn NOx
Lette	10,0	26,11	50,20
Tunge	1,9	4,83	79,02
Indirekte energibruk⁶	1,9	4,83	79,02
Sum	13,8	35,77	208,22

Tabell 8.6 viser at energibruk og utslipp fra kjøretøyene i tunnelalternativet ligger ca 8 % over utslippene fra ferjealternativet. Vi har regnet med samme gjennomsnittlig forbruk pr. mil i hele analyseperioden. Dette er en forenkling, og en reduksjon i forbruket vil favorisere tunnelalternativet noe, men utslagene blir ikke store.

⁹ 16 %, jfr Foss (1994). Her kan utviklingen på sikt bringe andelen noe ned, men utslagene blir små.

Energibruk infrastruktur

Forutsetninger:

Ny veg Furene-Eiksund, 14,9 km

- Veg i dagen, 2 felt, 4,9 km
- Tunnel, land, 2 felt, 1,8 km
- Tunnel, sjø, 7,8 km, derav ca. 3,5 km i 3 felt, 4,3 km i 2 felt
- Bru, fritt fram, 0,4 km, total bredde 9,3 m

I tillegg kommer 4,3 km veg i dagen, som ikke er direkte tilknyttet Eiksundsambandet, men som er utbedring av eksisterende fylkesveg. Denne utbedringen er ikke tatt med i regnestykket. Energibruken knyttet til anlegg er derfor antagelig noe lavt regnet.

Tabell 8.7: Energibruk infrastruktur, anlegg og drift

Type	Forbruk (mill kW)	Ekvivalent forbruk fossilt brennstoff (mill liter)	Mill kg CO2	Tonn NOx
Veg i dagen, 4,9 km	19,5	5,1	13,5	215,0
Veg i dagen, drift og vedlikehold i 25 år	10,7	2,8	7,4	118,2
Tunnel, land, 1,8km	9,7	2,5	6,6	107,2
Tunnel, undersjøisk, 7,8 km	49,5	12,9	34,1	547,0
Tunnel, undersjøisk, drift og vedlikehold i 25 år	46,0	12,0	31,7	508,3
Tunnel, land, drift og vedlikehold i 25 år	4,5	1,2	3,2	49,7
Bru, 0,4km	8,6	2,2	5,8	95,0
Indirekte energibruk	3,7	1,0	2,5	41
SUM	152	40	103	1681

Drift og vedlikehold utgjør om lag 40 % av de samlede utslippene i analyseperioden.

Tabellen nedenfor summerer opp de samlede utslippsmengdene for henholdsvis **tunnel og kjøretøy** og **ferje og kjøretøy** for 25 års perioden 2008-2033. Fast infrastruktur har lang levetid, derfor har vi nedenfor anslått den tid det vil ta før tunnelen vil være en bedre løsning energibruksmessig, enn ferjedrift.

Tunnelkonseptet har høyere samlet energibruk og utslipp enn fortsatt ferjedrift, forskjellen er om lag 48 % for denne perioden. Ser vi på de variable forbrukstallene knyttet til selve måten å krysse fjorden på (altså kjøretøyers energibruk samt energibruk knyttet til drift og vedlikehold av ferjer og tunnel/vegssystem) ligger ferjeløsningen om lag 20 % høyere pr år. Tunnelen kommer dårligere ut i tabellen nedenfor grunnet energibruk knyttet til selve anlegget.

Tabell 8.8: Oppsummering

	Forbruk mill liter	Mill kg CO₂	tonn NO_x
Sum forbruk/utslipp anlegg/drift tunnel og veg	40	103	1681
Sum forbruk/utslipp Kjøretøy 2008-2033	15	39	227
Sum tunnel	55	142	1908
Sum forbruk/utslipp Ferje 2008-2033	23	62	1367
Sum forbruk/utslipp Kjøretøy 2008-2033	14	36	208
Sum ferje	37	98	1575
Differanse tunnel-ferje	18	44	333

Det er selvsagt usikkerhet knyttet til framtidige utslag på forbruksutvikling på kjøretøy, samt på hvordan utbedring av den nevnte fylkesvegstrekingen påvirker resultatene. Samtidig er det også usikkerhet knyttet til ferjekonseptet. I og med at strekingen er så vidt kort så er det liten grunn til å tro at høyere seilingshastighet er et sannsynlig valg. Ved å sammenligne gass og dieseldrift (kapittel 2) ser vi at CO₂-utslipp kan reduseres med rundt 15 % og NO_x med rundt 70 %.

At tunnelen i analyseperioden 2008-2033 har et samlet sett høyere utslipp skyldes et høyt ”engangsutslipp” i anleggsfasen, men også en betydelig energibruk knyttet til driften, der pumping av vann samt ventilasjon utgjør en betydelig andel. Det er her grunn til å si at vi på marginen har forutsatt at strøm til pumper, ventilasjon og belysning forsynes fra kraftverk drevet med fossilt brennstoff. Dette er en rimelig forutsetning all den tid vi har et kraftmarked som i sin natur er felleseuropeisk. Men det kan ligge nyanser både knyttet til CO₂ (noe lavere fra gasskraft enn fra kull/oljefyrte kraftverk) og særlig til NO_x, der utslippet fra gass er vesentlig lavere. Et anslag der vi reduserer NO_x fra gasskraft tilsvarende gassferjer mot dieselferjer (70 %

reduksjon) gir et NO_x -utslipp fra tunnelalternativet omtrent som for dagens dieselferjer. Går man over til gassferjer vil forskjellen i NO_x -utslipp i ferjenes favør hovedsakelig bli opprettholdt (300 til 400 tonn i forskjell i analyseperioden) selv med strømforsyning fra gasskraft.

Dersom vi utvider analyseperioden, viser det seg tunnel vil få et samlet sett lavere NO_x -utslipp fra cirka år 2050 og lavere CO_2 -utslipp fra cirka år 2110. Det er da forutsatt bruk av dagens type dieselferje og strømforsyning fra olje/kullkraft. Bildet opprettholdes i hovedsak dersom vi går over til gassferjer og regner strømforsyning fra gasskraft.

REFERANSER

Litteratur:

Bråthen S og B Foss (1997). *Sjøveien-miljøsidan*. Moreforskning Molde, rapport 9606, 2. opplag.

Cornell University (2005). Headline News Service: Cornell ecologist's study finds that producing ethanol and biodiesel from corn and other crops is not worth the energy. Cornell News Service July 5, 2005.

Foss, B (1995). *Transport og miljø*. Møreforskning Molde, rapport 9503.

Hjelle H M (2006). *Sjøfart, marginale eksterne kostnader og avgifter. En vurdering av mulighetene for et mer effektivt avgiftsregime for sjøfarten*. Møreforskning Molde AS, rapport 0615.

Under utarbeidelsen av rapporten har vi hatt følgende kontakter:

Brødrene Aa:

Tor Øyvin Aa
Ingebjørn Aasheim

Cargonet:

Harald Larsen

Eidesvik Offshore ASA:

Jan Fredrik Meling

Fjord 1 FSF:

Hallgeir Kleppe

Fjord 1 MRF:

Anker Grøvdal
Idar Myklebust
Frode Ohr

Hurtigruten Group ASA:

Kurt Grundstad
Olaf Nilssen
Jan Egil Sletteng

Marintek:

Egil Jullumstrø
Egil Rensvik
Dag Stenersen
Magnus Tvette

Statens vegvesen, region Midt:

Arnt Aasen

Stavangerske:

Peter Hansen

Tide Sjø:

Terje Fivelstad

Waagan Transport AS:

Per Waagan

Østensjø Rederi AS:

Egil Arne Skare