



**TØI rapport  
415/1998**

# **Norsk kystfart –Effekter av tiltak og trender i godstransport**

**Anne Madslie  
Randi Jule  
Konrad Pütz**

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

ISSN 0802-0175  
ISBN 82-480-0074-5

Oslo, desember 1998

**Tittel:** Norsk kystfart - Effekter av tiltak og trender i godstransport

**Forfatter(e):** Anne Madslie, Randi Jule, Konrad Pütz

TØI rapport 415/1998

Oslo, desember 1998

118 sider

ISBN 82-480-0074-5

ISSN 0802-0175

**Finansieringskilde:**

Norges forskningsråd, Fiskeridepartementet, Samferdselsdepartementet og Rederiernes landsforening

**Prosjekt:** 2360 Virkninger for samferdselssektoren av endret tilbud i norsk kystfart

**Prosjektleder:** Anne Madslie

**Kvalitetsansvarlig:** Olav Eidhammer

**Emneord:**

Transportmiddelfordeling; sjøtransport; kystfart; godstransportmodell; samfunnsøkonomiske analyser

**Sammendrag:**

En har i rapporten beregnet mulige effekter av ulike tiltak eller utviklingsrekk i innenlands godstransport. Dette er gjort ved at 12 ulike scenarier er analysert ved hjelp av nettverksmodellen NEMO. I forhold til et basisscenario har en bl a beregnet endring i transportmiddelfordeling og transportkostnader som følge av høyere miljøavgifter, infrasstrukturbygging, endret tilbud i sjøtransporten, endret varesammensetning og endrede krav fra transportkjøperne. En har også beregnet endring i eksterne effekter som miljøutslipp, støy, slitasje på infrastruktur, og ulykker knyttet til godstransport.

En konklusjon fra beregningene er at totalkostnadene knyttet til innenlands godstransport i hovedsak øker dersom sjøtransporten minker. Også utslippene øker ved en overgang fra sjø, bortsett fra i scenariene med økte miljøavgifter, hvor en samtidig får en vridning bort fra vegtransport.

**Title:** Norwegian Coastal Trade - Effects of Measures and Trends in Freight Transport

**Author(s):** Anne Madslie, Randi Jule, Konrad Pütz

TØI report 415/1998

Oslo: December 1998

118 pages

ISBN 82-480-0074-5

ISSN 0802-0175

**Financed by:**

The Research Council of Norway, Ministry of Fisheries, Ministry of Transport and Communications, The Federation of Norwegian Coastal Shipping

**Project:** 2360 Impacts on the transportation sector of changes in Norwegian coastal trade

**Project manager:** Anne Madslie

**Quality manager:** Olav Eidhammer

**Key words:**

Modal share; Sea transport; Coastal trade; Freight transport model; Cost-benefit analysis

**Summary:**

In the report we have calculated the impacts of different measures and trends in domestic freight transport. 12 different scenarios are analysed by the network model NEMO, and the results are compared to a basic scenario. The effects on modal share and transport costs are calculated due to increased environmental charges, development in infrastructure, changed supply of sea transport, changed composition of commodity groups, and changed requirements of transport users. We have also calculated the external effects, like emissions (air pollution and global warming), noise, wear on infrastructure and accidents.

A main conclusion is that total costs connected to domestic freight transport increases as transport by sea decreases. A shift away from sea transport also implies an increase in emissions, except in the case with higher environmental taxes, where road transport decreases as well.

**Language of report:** Norwegian

Rapporten kan bestilles fra:  
Transportøkonomisk institutt, biblioteket,  
Postboks 6110 Etterstad, 0602 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - Telefaks 22 57 02 90  
Pris kr 150

The report can be ordered from:  
Institute of Transport Economics, the library,  
PO Box 6110 Etterstad, N-0602 Oslo, Norway  
Telephone +47 22 57 38 00 Telefax +47 22 57 02 90  
Price NOK 150

# Forord

På oppdrag fra Norges forskningsråds program for Nærskipsfart, har Transportøkonomisk institutt (TØI) utført prosjektet *Virkninger for samferdselssektoren av endret tilbud i norsk kystfart. Scenarier for kystfarten*. Også Fiskeridepartementet, Samferdselsdepartementet og Rederienes Landsforening har bidratt med midler i prosjektet.

Hovedmålet med prosjektet har vært å gjøre en grov analyse av hvilke virkninger ulike endringer i tilbudet innen norsk kystfart, i rammebetingelser ellers, samt i krav fra transportkjøperne, kan tenkes å få for samferdselssektoren (f eks endringer i transportmiddelfordeling, transportarbeid, transportkostnader mv). Beregningene er gjennomført ved hjelp av den Nasjonale nettverksmodellen for godstransport, NEMO, som analyserer virkninger både innen og på tvers av delsektorer. I prosjektet er modellen videreutviklet og tilpasset de aktuelle problemstillingene. For hvert scenario har en også beregnet hvilke konsekvenser endringene i valg av transportløsning får for miljøutslipp, ulykker knyttet til godstransport, samt verdsett effektene i grove samfunnsøkonomiske beregninger.

Prosjektet har hatt en referansegruppe, bestående av

- Ola Brattegard, Fiskeridepartementet
- Jan Erik Lindjord, Samferdelsdepartementet
- Rune Mjøs, Rederienes Landsforening
- Jan Tore Pedersen, Kværner ASA
- Tom Preststulen, Elkem Chartering
- Per Gisle Rekdal, Oslo havn

Vi benytter anledningen til å takke for gode innspill og kommentarer underveis i prosjektet.

Prosjektleder ved TØI har vært siv ing Anne Madslie, som har skrevet rapporten i samarbeid med siv ing Randi Jule. Anne Madslie har hatt ansvaret for opplegget og gjennomføringen av prosjektet. Cand oecon Inger Beate Hovi og cand agric Konrad Pütz har også arbeidet på prosjektet. Konrad Pütz har skrevet kapittel 9 og vedlegg 5. Endelig tekstbehandling er gjennomført av sekretær Laila Aastorp Andersen.

Oslo, desember 1998  
TRANSPORTØKONOMISK INSTITUTT

*Knut Østmoe*  
instituttssjef

*Olav Eidhammer*  
avdelingsleder



# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	I
<b>Summary</b> .....	i
<b>1 Innledning</b> .....	1
1.1 Bakgrunn og problemstilling.....	1
1.2 Innhold i rapporten.....	2
1.3 utfordringer ved godstransportmodellering.....	2
<b>2 Utviklingstrekk i godstransport</b> .....	4
2.1 Sjøtransportens andel av innenlands godstransport.....	4
2.2 Godsruiter på kysten.....	8
2.3 Utviklingstrekk i godstransport.....	8
<b>3 Sjøfartens rolle i utenrikshandelen</b> .....	10
3.1 Om utenrikshandelsstatistikken.....	10
3.2 Eksport.....	11
3.3 Import.....	14
3.4 Bruk av containere i utenriks transport.....	17
3.5 Godsomslag i trafikkhavner.....	18
<b>4 Nasjonal nettverksmodell for godstransport (NEMO)</b> .....	21
4.1 Hva er en nettverksmodell?.....	21
Nærmere om de enkelte elementene i nettverksmodellen.....	22
4.2 Nettverket i NEMO.....	23
4.3 Transportstrømmer i NEMO.....	24
4.4 Kostnadsfunksjoner i NEMO.....	25
4.5 Kalibrering.....	27
<b>5 Analysescenarier</b> .....	29
5.1 Miljøavgifter.....	29
5.2 Omfattende vegutbygging.....	32
5.3 Endret tilbud i sjøfarten.....	32
5.4 Endring i varesammensetning.....	34
5.5 Endrede krav fra transportkjøpere.....	34
<b>6 Samfunnsøkonomiske kostnader</b> .....	36
6.1 Nyttetekostnadsanalyser.....	36
6.2 Elementer i nyttetekostnadsberegningene.....	36
6.3 Generaliserte transportkostnader.....	38
6.3.1 Direkte transportkostnader.....	38
6.3.2 Tidskostnader.....	38
6.4 Eksterne kostnader.....	38
6.4.1 Miljøkostnader.....	38
6.4.2 Slitasjekostnader.....	40
6.4.3 Støykostnader.....	41
6.4.5 Ulykkeskostnader.....	41
6.5 Statens inntekter av transportavgifter.....	42
<b>7 Resultater</b> .....	43

7.1	Basisalternativet .....	43
7.2	Innføring av miljøavgifter .....	45
7.2.1	Scenario 1a: Langtidsprogrammets basisalternativ med klimaavtale .....	45
7.2.2	Scenario 1b: Avgifter basert på Stortingsmeldingen etter Kyoto-avtalen .....	47
7.2.3	Scenario 1c: Høy CO <sub>2</sub> -avgift for alle transportformer .....	48
7.3	Omfattende vegutbygging .....	50
7.3.1	Scenario 2a og 2b: Utbygging av kyststamvegen Kristiansand-Trondheim .....	50
7.4	Endret tilbud i sjøfarten .....	51
7.4.1	Scenario 3a: Alle havner unntatt de åtte nasjonale ”legges ned” .....	51
7.4.2	Scenario 3b og 3c: Endring i framføringshastighet på sjø .....	53
7.4.3	Scenario 3d: Kun bulkprodukter kan fraktes med båt .....	54
7.5	Endring i varesammensetning .....	55
7.5.1	Scenario 4: Overføring av bulk (20 prosent) til stykk gods .....	55
7.6	Endrede krav fra transportkjøpere .....	56
7.6.1	Scenario 5a og 5b: Endret frekvens i rutefarten på sjø .....	56
<b>8</b>	<b>Oppsummering av beregningene og usikkerhet i analysene</b> .....	<b>59</b>
8.1	Oppsummering og konklusjoner .....	59
8.2	Usikkerhet i beregningene .....	61
8.2.	Generelt .....	61
8.2.	Beregninger i NEMO .....	62
8.2.3	Eksterne kostnader .....	62
8.2.4	Utslippsfaktorer .....	64
<b>9</b>	<b>Nærmere om kystfartens miljøkonsekvenser</b> .....	<b>65</b>
9.1	Innledning .....	65
9.2	Tilnæringsmåte og modell .....	65
9.3	Avgrensninger ved vurdering av miljøkonsekvenser .....	68
9.4	Miljøkonsekvenser av skipstransport .....	70
9.4.1	Utslipp til luft .....	70
9.4.2	Andre konsekvenser .....	70
9.5	..... Svakheter ved bruk av gjennomsnittstall for utslipp ved vurdering av miljøkonsekvenser .....	73
<b>Litteratur</b>	.....	<b>75</b>
<b>Vedlegg:</b>	.....	<b>81</b>
Vedlegg 1:	Definisjon av varegrupper .....	83
Vedlegg 2:	Oppsummering av reultater fra scenarier .....	85
Vedlegg 3:	Utvalgte plott .....	91
Vedlegg 4:	Utslippsfaktorer og enhetskostnader .....	109
Vedlegg 5:	Ordforklaringer til kapittel 9 "Nærmere om kystfartens miljøkonsekvenser" .....	113

**Sammendrag:**

# Norsk kystfart - Effekter av tiltak og trender i godstransport

## Innledning

En har over flere år sett en tendens til at norsk kystfart taper markedsandeler til vegtransporten. Dette kan ha mange årsaker, og vi har i prosjektet sett nærmere på hvordan ulike tiltak eller utviklingstrekk virker inn på konkurranseforholdet mellom transportformene, dvs hvilken endring en får i transportmiddelfordelingen. Dette, samt endring i transportkostnader er beregnet ved hjelp av den Nasjonale nettverksmodellen for godstransport, NEMO (Ingebrigtsen m fl, 1997). Vi har også utviklet en ettermodell til NEMO hvor vi grovt beregner hvilke konsekvenser en endret transportmiddelfordeling vil ha for miljøutslipp, støy, slitasje på infrastruktur, ulykker knyttet til godstransport osv, samt hvilke samfunnsøkonomiske kostnader som er forbundet med dette.

Analysene er begrenset til å omfatte innenlands godstransport mellom norske kommuner, slik at både transporter som utelukkende foregår innen samme kommune (hovedsakelig vegtransport) og transporter til og fra utlandet er holdt utenom analysene.

## Analysescenarier

Scenariene vi har valgt å analysere i prosjektet må ikke hver for seg betraktes som et fullstendig bilde av en fremtidig utvikling. De kan snarere ses på som mulige elementer i en utvikling, som kan slå til hver for seg eller flere samlet. Vi har valgt å beregne den isolerte effekten av hvert enkelt scenario, i forhold til et basisscenario som i mest mulig grad er dekkende for situasjonen i perioden 1993-1996 (datamateriale etc fra ulike tidspunkt).

Scenariene kan deles inn i fem hovedgrupper:

1. Miljøavgifter
2. Videre vegutbygging
3. Endret tilbud i sjøtransporten
4. Endret varesammensetning
5. Endrede krav fra transportbrukerne

I dette avsnittet presenteres innholdet i de 12 scenariene vi har analysert, mens beregningsresultatene følger i et senere avsnitt.

## 1. Miljøavgifter

Når det gjelder ytterligere innføring av miljøavgifter har vi valgt å ta utgangspunkt i avgifter knyttet til CO<sub>2</sub>-utslipp. I dag (1998) er sjøtransport fritatt for CO<sub>2</sub>-avgift, mens dieseldrevet veg- og jernbanetransport betaler en avgift på 168 kr pr tonn CO<sub>2</sub> (44,5 øre pr liter drivstoff). Fra 1. januar 1999 innføres imidlertid en CO<sub>2</sub>-avgift på 26 øre pr liter drivstoff for innenriks godstransport på sjø, mens avgiften for andre transportformer øker med 1,5 øre pr liter drivstoff. Våre beregninger tar utgangspunkt i avgiftsnivået i 1998.

Ved innføring av nye avgifter har vi gjort en forutsetning om at hele avgiftsøkningen overveltes transportkjøper gjennom økte fraktpriser. Dette er en svært usikker forutsetning, og for et av scenariene har vi derfor sammenlignet resultatene med hva en får dersom kun halvparten av avgiften påføres transportkjøper, mens transportøren må dekke inn sin del gjennom f eks økt effektivitet eller redusert profitt.

*Scenario 1a: CO<sub>2</sub>-avgift som i Langtidsprogrammets basisalternativ med klimaavtale*

Det første scenariet baserer seg på Langtidsprogrammets (1998-2001) basisalternativ med klimaavtale, der det er forutsatt at alle CO<sub>2</sub>-utslipp i alle land pålegges en generell CO<sub>2</sub>-avgift på 360 1997-kroner pr tonn utslipp (ca 96 øre pr liter drivstoff), og at denne avgiften legges på toppen av eksisterende avgifter.

*Scenario 1b: CO<sub>2</sub>-avgift som foreslått i Stortingsmeldingen etter Kyoto-avtalen*

Dette scenariet baserer seg på Stortingsmeldingen som kom i etterkant av Kyoto-avtalen, hvor det foreslås innført en avgift på 100 1997-kroner pr tonn CO<sub>2</sub> (ca 27 øre pr liter drivstoff) i sektorer som i dag har lavere avgift enn dette. I og med at både vegtransport og dieseljernbane allerede har høyere avgifter vil dette avgiftsnivået kun berøre sjøtransporten.

*Scenario 1c: Høy CO<sub>2</sub>-avgift for alle transportformer*

Fra mange hold anslås det at en avgift på ca 650 kroner pr tonn CO<sub>2</sub> (ca 1,73 kr pr liter drivstoff) er nødvendig for å oppnå den ønskede virkning på utslippsnivået. Vi har valgt å analysere et scenario hvor CO<sub>2</sub>-avgiften for alle transportmidlene settes lik 650 kroner pr tonn utslipp.

## 2. Omfattende vegutbygging

Mange mener at vridningen vi har sett de siste årene med overføring av transporter fra sjø- og jernbanetransport over på vegtransport blant annet henger sammen med et bedret tilbud på vegsiden. Som eksempel på mulige effekter av investeringer i vegnettet har vi valgt å analysere to scenarier i tilknytning til kyststamvegen Kristiansand-Trondheim. I begge scenariene har vi kun sett på effektene av at fast vegforbindelse avløser fergestrekninger, vi har ikke lagt inn andre planer om forbedret vegstandard på traséen.



*Scenario 2a: Kyststamveg med 6 ferger på strekningen Kristiansand-Trondheim*

I dette scenariet er tre av dagens fergestrekninger (Stord-Sveio, Anda-Lote og Folkestad-Volda) avløst av vegforbindelse.

*Scenario 2b: Fergefri kyststamveg Kristiansand-Trondheim*

I scenario 2b er hele kyststamvegen gjort fergefri. Det er neppe særlig realistisk at dette skjer i løpet av de nærmeste årene, men scenariet kan fungere som eksempel på en strategi med omfattende vegutbygging.

### **3. Endret tilbud i kystfarten**

For å gjøre noen grove analyser av hvilke konsekvenser et endret tilbud i kystfarten har for godstransporten i Norge, har vi tatt utgangspunkt i tre ulike tilnæringer:

*Scenario 3a: Redusert antall havner*

Som et eksempel på redusert tilbud innen kystfarten, har vi sett på et scenario hvor en kun har tilgang til sjøtransport via de 8 nasjonale havnene som er utpekt (Oslo, Grenland, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim, Bodø og Tromsø). Dette scenariet er ikke spesielt realistisk, men er valgt for å illustrere sjøfartens betydning for innenlands godstransport, og hvilke konsekvenser en slik situasjon får for miljøkostnader og belastning på veg- og jernbanenett.

*Scenario 3b og 3c : Endring i fartøyenes transporttid*

Vi har ønsket å studere hvordan relativt beskjedne endringer i transporttid i sjøtransporten (i dette tilfelle illustrert ved framføringshastighet) kan tenkes å påvirke bruken av sjøtransport. For å forenkle beregningen har vi forutsatt at drivstofforbruket ikke endres som følge av hastighetsendringen.

I scenario 3b reduseres framføringshastigheten på sjø med 10 prosent i forhold til basisscenariet, mens hastigheten på sjø økes med 10 prosent i scenario 3c.

*Scenario 3d: Redusert kapasitet i kystfarten*

Lav utskiftingstakt i kystflåten kombinert med f.eks. strengere regler for miljøutslipp kan føre til en reduksjon i antall fartøyer i drift. Dette har vi valgt å illustrere i et scenario hvor kun de produkter som er mest avhengig av sjøtransport, bulkproduktene, tillates fraktet med båt. Andre varegrupper må i dette scenariet finne andre framføringsmåter.

### **4. Endret varesammensetning**

*Scenario 4: 20 prosent av bulkproduktene overføres til varegruppen stykkgoods*

Utviklingstrekk tyder på at en del av de tradisjonelle bulklastene brytes opp i mindre og hyppigere forsendelser, blant annet ved bruk av containere. For å gi et grovt bilde av en slik utvikling har vi studert et scenario der 20 prosent av dagens bulktransport overføres til varegruppen stykkgoods, som stiller andre krav til transportkvalitet mv.

### **5. Endrede krav fra transportkjøpere**

Et endret forbruksmønster med mer krevende kunder og økt internasjonal handel og konkurranse, har vært drivkrefter for endrede produksjons- og distribusjonsløs-

ninger i næringslivet. Krav fra transportkjøperne går derfor i retning av mindre og hyppigere transporter, nøyaktige leveringstidspunkt, høyere framføringshastighet og sikkerhet. I sammenheng med dette er hyppig frekvens i rutegående tilbud et vesentlig element.

#### *Scenario 5a og 5b : Endret frekvens i rutefarten på sjø*

I scenario 5a dobles frekvensen i rutetilbudet i de nasjonale havnene, mens scenario 5b innebærer en dobling av rutetilbudet i alle havner som har rutegående trafikk.

### **Forutsetninger for beregningene**

Beregningene bygger på et antall forutsetninger, hvorav de viktigste er at:

- ❑ etterspørselen etter godstransport, i form av varestrømmer mellom kommuner, er uendret i de ulike scenariene.
- ❑ kostnadsfunksjonene i NEMO fremstiller konkurranseflatene mellom transportmidlene på en realistisk måte.
- ❑ utslippsfaktorer og enhetskostnader som er benyttet for luftforurensning, støy, ulykker og slitasje på infrastruktur gir et riktig bilde av eksterne virkninger av de ulike transportformene på landsbasis.
- ❑ utelatte faktorer ikke fører til skjevheter, f eks at en av transportformene systematisk får beregnet for lave eller for høye kostnader.
- ❑ det er tilstrekkelig kapasitet tilgjengelig i hele transportsystemet, noe som det kanskje spesielt for jernbane kan stilles spørsmål ved, i hvert fall på kort sikt.

Usikkerheten er stor i alle de nevnte forutsetninger, og resultatene må derfor tolkes med stor grad av forsiktighet.

### **Resultater**

En oppsummering av resultater fra de ulike scenariene er presentert i tabell 1, 2 og 3. For hvert scenario viser tabell 1 prosentvis endring i transportarbeid med de ulike transportmidler i forhold til basisscenariet. Tabell 2 viser endring i miljøutslipp, mens tabell 3 viser hvordan de ulike kostnadselementene endrer seg i forhold til basisscenariet. Kommuneinterne transporter er ikke inkludert i beregningene, det samme gjelder transporter med godsbiler som har nyttelast under ett tonn. Endringene som oppgis i transportarbeid er derfor ikke relatert til *all* innenriks godstransport, kun den delen som er med i våre analyser. Dette slår spesielt ut for vegtransporten, hvor prosentvise endringer ville vært mindre dersom de ble beregnet i forhold til all godstransport på veg.

Tabell 1. Endring i transportarbeid i de ulike scenariene sammenlignet med basisscenariet. Prosent.

Scenarier	Sjø	Jernbane	Veg	Totalt
<b>Basisscenario. Millioner tonnkilometer</b>	<b>7431</b>	<b>1490</b>	<b>6321</b>	<b>15242</b>
1a* CO2-avgifter som i Langtidsprogrammet	-2 %	19 %	-3 %	0 %
1b* CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	-1 %	3 %	0 %	0 %
1c* CO2-avgifter, høyt alternativ	-5 %	32 %	-3 %	-1 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	0 %	0 %	0 %	0 %
2b Fergefri kyststamveg	-1 %	1 %	2 %	0 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	-41 %	54 %	43 %	3 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	-4 %	13 %	1 %	0 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	2 %	-7 %	-1 %	0 %
3d Kun bulkprodukter med båt	-24 %	68 %	20 %	3 %
4 20 % bulk overført til stykkgoods	-4 %	4 %	3 %	0 %
5a** Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	1 %	-4 %	0 %	0 %
5b** Doblet frekvens i alle havner	2 %	-6 %	-1 %	0 %

\*) Forutsetter at hele avgiften overveltes på transportkjøper.

\*\*\*) Frekvensen er kun av betydning for stykkgodstransporten, andre varegrupper forutsettes å gå i lørsfart.

Tabell 2. Endring i utslipp til luft i de ulike scenariene sammenlignet med basisscenariet. Prosent.

Scenarier	CO2	CH4	N2O	SO2	Nox	NM VOC	CO	Part
<b>Basisscenario. Tonn</b>	<b>1391667</b>	<b>85</b>	<b>558</b>	<b>4049</b>	<b>530815</b>	<b>684</b>	<b>5489</b>	<b>1447</b>
1a CO2-avgifter som i Langtidsprogrammet	-1 %	-2 %	0 %	-1 %	0 %	-5 %	-2 %	-1 %
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	0 %	-1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-1 %	-4 %	-1 %	-1 %	0 %	-7 %	-2 %	-2 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	0 %	-1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2b Fergefri kyststamveg	-5 %	-7 %	0 %	-1 %	0 %	-7 %	0 %	0 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	28 %	-2 %	9 %	-1 %	1 %	84 %	34 %	20 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	0 %	-3 %	0 %	-1 %	0 %	0 %	1 %	0 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	0 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
3d Kun bulkprodukter med båt	10 %	-13 %	4 %	-2 %	0 %	33 %	16 %	10 %
4 20 % bulk overført til stykkgoods	3 %	0 %	1 %	0 %	0 %	7 %	3 %	1 %
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
5b Doblet frekvens i alle havner	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	-1 %	-1 %	0 %

Tabell 3. Oppsummering av samfunnsøkonomiske kostnader i de ulike scenariene. Endringer sammenlignet med basialternativet. Prosent.

Scenarier	Frakt-kostnader	Tids-kostnader	Eksterne kostnader	Avgiftsinnt. til staten
<b>Basisscenario. Millioner kroner</b>	<b>16237</b>	<b>1833</b>	<b>3049</b>	<b>1087</b>
1a CO2-avgifter som i Langtidsprogrammet	2 %	-1 %	-1 %	-4 %
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	0 %	-1 %	0 %	0 %
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	3 %	-2 %	-1 %	-6 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	0 %	-1 %	0 %	0 %
2b Fergefri kyststamveg	0 %	-4 %	-1 %	2 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	11 %	-7 %	31 %	42 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	0 %	2 %	1 %	1 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	0 %	-3 %	0 %	-1 %
3d Kun bulkprodukter med båt	5 %	-12 %	14 %	20 %
4 20 % bulk overført til stykkgoods	5 %	5 %	2 %	3 %
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	0 %	0 %	0 %	0 %
5b Doblet frekvens i alle havner	0 %	0 %	-1 %	-1 %

Vi vil presisere at det her dreier seg om grove analyser som tar sikte på å kunne si noe om størrelsesorden og retning på effektene av de tiltak eller utviklingstrekk som

ligger til grunn for scenariet. Usikkerheten er imidlertid stor, og resultatene må derfor ikke tolkes som en fullstendig analyse av det enkelte scenario. Skal det gjøres må en gå mer i detalj på innhold og forutsetninger slik at alle forhold skal bli mest mulig realistiske.

Vi ser av tabellene at ingen av scenariene resulterer i en vesentlig økning i sjøtransporten. De fleste scenariene er snarere en illustrasjon av kostnads- og miljømessige konsekvenser av en vridning fra sjøtransport over til de andre transportformer. Siden sjøtransport er den transportformen som opererer med de klart laveste transportkostnadene pr tonnkilometer, får en i flere scenarier en økning i de totale kostnadene.

Fordi togtransporten, tross sterk økning i enkelte scenarier, uansett vil utgjøre en relativt beskjeden andel av transportarbeidet (fra 9 til 16 prosent), vil redusert sjøtransport i de fleste tilfeller resultere i mer vegtransport, med de konsekvenser det får for kostnader og miljø. Det er bare i scenariene med økte miljøavgifter at togtransporten tar markedsandeler fra både sjø- og vegtransport.

Den prosentvise veksten i transportarbeid på jernbane er høy i noen av scenariene, spesielt i de mindre realistiske scenariene 3a (54 prosent) og 3c (68 prosent), men også i scenariet med de høyeste CO<sub>2</sub>-avgiftene (1c) beregnes en kraftig vekst (32 prosent). Et viktig spørsmål er derfor om jernbanen i Norge har kapasitet til en slik økning i transportarbeidet. I følge Jernbaneverket er det betydelig ledig kapasitet i godstransporten i dag, så lenge en unngår de travleste periodene på døgnet og de mest belastede strekningene, og ikke stiller altfor strenge krav til fremføringshastigheten. Relativt beskjedne investeringer i kryssningsspor vil imidlertid øke kapasiteten betraktelig.

Hvorvidt veksten som er beregnet i det enkelte scenario er realistisk, avhenger blant annet sterkt av hvordan den fordeler seg på de ulike jernbanestrekninger, noe vi ikke har gått nærmere inn på i forbindelse med de regneeksemplene vi har gjort. Dette vil imidlertid være nødvendig dersom en skal gjøre en fullstendig analyse av et tiltak. Ved beregningene av samfunnsøkonomiske kostnader har vi heller ikke inkludert kostnader til kapasitetsfremmende tiltak i jernbanenettet.

Størst endring i transportmiddelfordeling og kostnader får vi i scenariet der tilbudet i sjøtransporten begrenses dramatisk ved å ”legge ned” de fleste havnene (3a), og i scenariet der sjøtransport begrenses til kun å gjelde bulkprodukter (3d). Disse scenariene er som nevnt lite realistiske, men kan gi et visst bilde av sjøfartens betydning i Norge i form av grove tall for hvilke konsekvenser slike endringer får for kostnader og miljø. I scenario 3a reduseres transportarbeidet på sjø med vel 40 prosent, mens transportarbeidet på veg øker omtrent tilsvarende og jernbane noe mer. Omfanget av omlastinger reduseres med 16 prosent, mens eksterne kostnader øker med 31 prosent. I dette ligger en kostnadsøkning knyttet til støy og slitasje på veg- og jernbanenett med 45 prosent, økning i ulykkeskostnader på 17 prosent, og økning i kostnadene knyttet til lokal og global luftforurensning med hhv 22 og 28 prosent.

Scenariene som illustrerer konsekvenser av økte miljøavgifter er mer realistiske, og har også forholdsvis store konsekvenser. Scenario 1c beskriver konsekvensene av en CO<sub>2</sub>-avgift på 650 kroner pr tonn utslipp, som i sin helhet inkluderes i fraktprisene. Som følge av dette øker togtransporten med 32 prosent, mens transportarbeid på sjø og veg reduseres med henholdsvis 5 og 4 prosent. Det kan imidlertid

være interessant å observere at CO<sub>2</sub>-utslippene ikke synker vesentlig som følge av avgiften, kun 1 prosent. Dette har sammenheng med at *varestrømsmatrisene er faste*, og at alle transportmidler har et visst utslipp av CO<sub>2</sub> (elektrisitet til jernbanen forutsettes produsert i gasskraftverk). Omfanget av omlastinger øker, som også medfører et visst energiforbruk. CO<sub>2</sub>-avgiften knyttet til omlastinger utgjør imidlertid svært lite i forhold til selve omlastingskostnaden, og påvirker derfor transportmiddelfordelingen minimalt. Kostnader fra lokal luftforurensning og ulykker synker begge med 3 prosent. Fordi kostnader fra støy og slitasje øker, er det likevel bare en liten nedgang i totale eksterne kostnader.

I prinsippet vil denne typen økning av transportavgiftene medføre endringer i selve transportetterspørselen (dvs endrede OD-matriser), f eks ved at gjennomsnittlig transportavstand minker pga omlokaliseringer, handel med bedrifter som ligger nærmere osv. Dette er forhold som vil påvirke utslipp og kostnader.

I og med at forutsetningen om full overveltning av miljøavgifter på transportkjøper er nokså usikker, har vi for scenario 1c også valgt å beregne effekten dersom kun halvparten av avgiftsøkningen for hvert av transportmidlene tas inn i fraktprisen. Vi får da en mindre omfordeling mellom transportmidler, der transportarbeidet på jernbane øker med 22 prosent, mens veg og bane reduseres med hhv 2 og 3 prosent. Endringer i eksterne kostnader mv blir også tilsvarende mindre.

I de andre scenariene finner vi ikke like store endringer i transportmiddelfordelingen. I scenario 4 så vi på konsekvensene av endret varesammensetning, med større andel stykkgoods og mindre bulkprodukter. Stykkgoods har høyere tidsverdi, noe som fører til økt bruk av raskere transportmidler som bil og bane. Frakt- og tidskostnader øker i dette scenariet med 5 prosent, og de eksterne kostnadene med 2 prosent.

Tre scenarier gir en liten økning i godstransporten på sjø. Det gjelder scenariet der framføringshastigheten på sjø økes med 10 prosent i forhold til basisscenariet (3c) og to scenarier der frekvensen på rutetilbudet i havnene økes (5a og 5b). Økningen i transportarbeidet på sjø er imidlertid liten, 1–2 prosent. At effekten av frekvensøkning i rutefarten ikke er så stor, skyldes bl a at vi i modellen kun lar dette påvirke transporten av stykkgodsvarer, som utgjør en forholdsvis liten del av godsmengdene på sjø. I scenario 3c finner vi at en 10 prosents økning av hastigheten på sjø gir 2 prosent økning i transportarbeidet på sjø. 10 prosent reduksjon av hastigheten på sjø beregnes imidlertid å gi 4 prosent nedgang i transportarbeidet på sjø.

Resultatene fra scenariene viser tydelig at et mer begrenset tilbud i sjøfarten fører til økte kostnader på flere områder. Fraktkostnadene har mest å si, og er desidert lavest med båt. Tidskostnadene er høyere enn for de andre transportmidlene, men utgjør en forholdsvis liten andel av det totale kostnadsbildet. Sjøfarten står i en særstilling når det gjelder infrastruktur, siden kostnader til slitasje og vedlikehold bare er knyttet til havnene. Støykostnader kan en også i grove trekk se bort fra (selv om en nok burde hatt med noe i forbindelse med omlasting i havner). Eksterne kostnader knyttet til støy og slitasje øker derfor kraftig ved overgang til andre transportmidler. Når det gjelder ulykker og luftforurensning har sjøfarten kostnader pr tonnkilometer som ligger under vegtransport, men over jernbanetransport.

En hovedkonklusjon fra beregningene vi har gjennomført i prosjektet er at total-kostnadene knyttet til transport øker når omfanget av innenlands sjøtransport

minker. Også utslippene øker ved overgang fra sjø, bortsett fra i scenariene med økte miljøavgifter, da en her samtidig får en vridning bort fra vegtransport.

**Summary:**

# **Norwegian Coastal Trade - Effects of Measures and Trends in Freight Transport**

## **Introduction**

For several years we have seen the Norwegian coastal trade lose market share to road transport. The reasons may be many, and this project takes a close look at how various measures or trends affect competition between modes of transport, i.e. what changes are occurring in the modal split. This, as well as changes in transport costs, are calculated with the aid of the National Network Model for Freight Transport, NEMO (*Nasjonal nettverksmodell for godstransport*) (Ingebrigtsen et al., 1997). We have also developed a post-model for NEMO which gives a rough estimate of the impact of a changed mode distribution on pollution, noise, wear on infrastructure, accidents connected with freight transport, etc., as well as on the social costs involved.

The analyses are limited to domestic, Norwegian freight transport between municipalities, and do not include intramunicipal transport (chiefly road) or international transport.

## **Analysis scenarios**

The scenarios we've chosen to analyse in this project must not by and of themselves be regarded as a complete picture of a future trend. Rather, they should be seen as possible elements in a trend, which may occur individually or collectively. We have chosen to calculate the isolated effect of each individual scenario as compared to a basic scenario that gives a best possible description of the situation in the period 1993-1996 (data material, etc., from various points of time).

The scenarios may be divided into five principal groups:

1. Environmental charges
2. Continued road development
3. Changed supply in sea transport
4. Changed composition of freight
5. Changed requirements of transport users

Presented in this section are the contents of the 12 scenarios we have analyzed. The calculation results are presented in a later section.

## 1. Environmental charges

Regarding the introduction of additional environmental charges, we have chosen to base our study on charges linked to CO<sub>2</sub> emissions. Today (1998), sea transport is exempt from CO<sub>2</sub> charge, while diesel-powered road and rail transport pay a charge of NOK 168 per tonne of CO<sub>2</sub> (44.5 øre per litre of fuel). As of January 1, 1999, however, a CO<sub>2</sub> charge of 26 øre per litre of fuel has been levied on domestic freight transport at sea, while the charge for other transport modes has been raised by 1.5 øre per litre of fuel. Our calculations are based on the charge level in 1998.

By introducing new charges, we've made a very rough assumption that the entire charge increase is passed on to the transport buyer through higher freight rates. This is a highly uncertain assumption, hence for one of the scenarios, we've compared the results with what you get if only half the charge is passed on to the transport buyer, the transport provider having to recoup his part, for example through efficiency-boosting measures or reduced profit.

*Scenario 1a: CO<sub>2</sub> charge as in the Long-term Programme's basic alternative with a climate agreement*

The first scenario is based on the Long-term Programme's (1998-2001) basic alternative with a climate agreement, which stipulates imposing a general CO<sub>2</sub> charge of NOK 360 (at 1997 value) on all CO<sub>2</sub> emissions in all countries, and that this charge be an addition to existing charges.

*Scenario 1b: CO<sub>2</sub> charge as proposed in the white paper following the Kyoto Agreement*

This scenario is based on the white paper following the Kyoto Agreement, which proposes a charge of NOK 100 (at 1997 value) per tonne of CO<sub>2</sub> (approx. 27 øre per litre of fuel) in sectors currently with a lower charge than that. Since both road transport and diesel rail already have higher charges, this charge level will only apply to sea transport.

*Scenario 1c: High CO<sub>2</sub> charge on all transport modes*

From many quarters, it is estimated that a charge of approx. NOK 650 per tonne of CO<sub>2</sub> (about NOK 1.73 per litre of fuel) is necessary for achieving the desired effect on emission levels. We have chosen to analyze a scenario in which the CO<sub>2</sub> charge on all transport modes is set equal to NOK 650 per tonne of emissions.

## 2. Comprehensive road development

Many believe the shift we have seen in transport mode from sea and rail to road is attributable, among other things, to improved supply on the road side. As an example of possible effects of investments in the road network, we have chosen to analyze two scenarios in connection with the coastal main road: Kristiansand - Trondheim. In both scenarios, we've only analyzed the effects of ferry routes being replaced by permanent road connections, we have not considered other plans for improving the road standard on the route.



*Scenario 2a: Coastal main road with 6 ferries on the route Kristiansand - Trondheim*

In this scenario, three of today's ferry routes (Stord-Sveio, Anda-Lote and Folkestad-Volda) are replaced by road connections.

*Scenario 2b: Ferryless coastal main road Kristiansand - Trondheim*

In Scenario 2b there remain no ferry connections on the entire coastal main road. This is not likely to happen within the next few years, but the scenario can act as an example of conceivable effects of extensive road development.

### **3. Changed supply in coastal trade**

In order to make some rough analyses of what impact a changed supply in coastal trade would have on freight transport in Norway, we've used three different approaches:

*Scenario 3a: Fewer ports*

We have looked at a scenario in which there is access to sea transport only via the eight designated national ports (Oslo, Grenland, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim, Bodø and Tromsø). This scenario is not particularly realistic, but is chosen in order to illustrate the significance of coastal trade on domestic freight transport and the impact of such a situation on environmental costs as well as on the burden on the road and rail network.

*Scenario 3b and 3c : Change in the vessels' speed*

We wanted to study how relatively modest changes in transport time or conveyance speed in sea transport can affect the use of sea transport. To simplify the calculation, we assumed that fuel consumption is not changed as a result of the speed reduction.

In Scenario 3b, speed at sea is reduced by 10 per cent compared to the basic scenario, while in Scenario 3c the speed at sea is increased by 10 per cent.

*Scenario 3d: Reduced capacity in coastal trade*

A low rate of replacing the coastal fleet combined with, f ex, more stringent rules on environmental emissions can conceivably result in a reduction in the number of vessels in operation. We've chosen to illustrate this in a scenario in which only the products that are most dependent on sea transport - bulk products - are allowed transported by sea. In this scenario, other commodity groups must use the other transport modes.

### **4. Changed freight composition**

*Scenario 4: Twenty per cent of the bulk products are transferred to general cargo*

Trend characteristics indicate that part of the traditional bulk cargoes are split up into smaller and more frequent shipments, f ex by use of containers. To give a rough picture of such a development, we've studied a scenario in which 20 per cent of today's bulk transport is transferred to the freight group general cargo, which places other demands on transport quality, etc.

## 5. Changed requirements from transport customers

A changed consumption pattern with more demanding customers and increased international commerce and competition has spurred changed manufacturing and distribution solutions in trade and industry. Consequently, demand from transport buyers is tending toward smaller and more frequent transports, exact delivery times, higher conveyance speed and security. In this connection, a higher frequency of regular service is a significant element.

### *Scenario 5a and 5b : Changed frequency in regular service at sea*

In scenario 5a, the frequency of regular service is doubled in the national ports, while scenario 5b entails doubling the regular service in all ports with regular-service traffic.

## Assumptions for the calculations

The calculations are based on a number of assumptions, the most important being:

- Demand for freight transport, in the form of intermunicipal freight flows, remains unchanged in the various scenarios.
- The cost functions in NEMO present the competition between transport modes in a realistic manner.
- Emission factors and unit costs used for air pollution, noise, accidents and wear on the infrastructure, give a correct picture of external consequences of the various transport modes nation-wide.
- Omitted factors do not distort the picture, e.g., that the calculations lead to systematically too low or too high costs for one of the transport modes.
- There is sufficient capacity throughout the transport system, an assumption which may seem questionable, particularly regarding railway.

There is major uncertainty in all the stated assumptions, hence the results must be interpreted with great caution.

## Results

A summary of results from the various scenarios is presented in Tables 1, 2 and 3. For each scenario, Table 1 shows the percentage change in transport performance (tonne-kilometres) by the various transport modes compared to the basic scenario, Table 2 shows change in environmental emission, while Table 3 shows how the various cost elements change in comparison with the basic scenario. Intramunicipal transports are not included in the calculations. The same applies to transports with lorries with a payload of less than one tonne. The changes stated in tonne-kilometres thus do not relate to *all* domestic freight transport, only the part that is included in our analyses. This affects road transport in particular, where percentage changes would be less if they were calculated with respect to all freight transport by road.

We stress that these are rough analyses of the twelve scenarios for the purpose of giving some indication of the magnitude and direction of the effects of the measures or trends on which the scenario is based. However, there is a high degree of uncertainty, hence one must not interpret the results as being a complete analysis of

the individual scenarios. To do that, we must go into greater detail of content and assumptions in order to make all conditions as realistic as possible.

Table 1. Percentage change in transport performance (tonne-kilometres) in the various scenarios as compared to the basic scenario.

Scenarios	Sea	Rail	Road	Total
<b>Basic: scenario. Millions of tonne-kilometres</b>	<b>7431</b>	<b>1490</b>	<b>6321</b>	<b>15242</b>
1a* CO2 charges as in the Long-term programme	-2 %	19 %	-3 %	0 %
1b* CO2 charges following the Kyoto Agreement	-1 %	3 %	0 %	0 %
1c* CO2 charges, high alternative	-5 %	32 %	-3 %	-1 %
2a Coastal main road, 6 ferries	0 %	0 %	0 %	0 %
2b Ferryless main road	-1 %	1 %	2 %	0 %
3a Shut down ports (except 8 national)	-41 %	54 %	43 %	3 %
3b Speed at sea reduced by 10 %	-4 %	13 %	1 %	0 %
3c Speed at sea increased by 10 %	2 %	-7 %	-1 %	0 %
3d Only bulk products by boat	-24 %	68 %	20 %	3 %
4 20 % bulk transferred to general cargo	-4 %	4 %	3 %	0 %
5a** Doubled frequency in 8 national ports	1 %	-4 %	0 %	0 %
5b** Doubled frequency in all ports	2 %	-6 %	-1 %	0 %

\*) Assumes that the entire charge is passed on to the transport buyer.

\*\*\*) The frequency has significance only for general cargo, other commodity groups are supposed to use vessels for hire or reward.

Table 2. Percentage change in emission to air in the various scenarios compared to the basic scenario.

Scenarios	CO2	CH4	N2O	SO2	Nox	NM VOC	CO	Part
<b>Basic scenario. Tonnes</b>	<b>1391667</b>	<b>85</b>	<b>558</b>	<b>4049</b>	<b>530815</b>	<b>684</b>	<b>5489</b>	<b>1447</b>
1a CO2 charges as in the Long-term programme	-1 %	-2 %	0 %	-1 %	0 %	-5 %	-2 %	-1 %
1b CO2 charges following the Kyoto Agreement	0 %	-1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
1c CO2 charges, high alternative	-1 %	-4 %	-1 %	-1 %	0 %	-7 %	-2 %	-2 %
2a Coastal main road, 6 ferries	0 %	-1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2b Ferryless main road	-5 %	-7 %	0 %	-1 %	0 %	-7 %	0 %	0 %
3a Shut down ports (except 8 national)	28 %	-2 %	9 %	-1 %	1 %	84 %	34 %	20 %
3b Speed at sea reduced by 10 %	0 %	-3 %	0 %	-1 %	0 %	0 %	1 %	0 %
3c Speed at sea increased by 10 %	0 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
3d Only bulk products by boat	10 %	-13 %	4 %	-2 %	0 %	33 %	16 %	10 %
4 20 % bulk transferred to general cargo	3 %	0 %	1 %	0 %	0 %	7 %	3 %	1 %
5a Doubled frequency in 8 national ports	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
5b Doubled frequency in all ports	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	-1 %	-1 %	0 %

Table 3. Summary of socio-economic costs in the various scenarios. Changes compared to the basic scenario, in per cent.

Scenarios	Freight costs	Time costs	External costs	State tax revenues
<b>Basic scenario. NOK millions</b>	<b>16237</b>	<b>1833</b>	<b>3049</b>	<b>1087</b>
1a CO2 charges as in the Long-term programme	2 %	-1 %	-1 %	-4 %
1b CO2 charges following the Kyoto Agreement	0 %	-1 %	0 %	0 %
1c CO2 charges, high alternative	3 %	-2 %	-1 %	-6 %
2a Coastal main road, 6 ferries	0 %	-1 %	0 %	0 %
2b Ferryless main road	0 %	-4 %	-1 %	2 %
3a Shut down ports (except 8 national)	11 %	-7 %	31 %	42 %
3b Speed at sea reduced by 10 %	0 %	2 %	1 %	1 %
3c Speed at sea increased by 10 %	0 %	-3 %	0 %	-1 %
3d Only bulk products by boat	5 %	-12 %	14 %	20 %
4 20 % bulk transferred to general cargo	5 %	5 %	2 %	3 %
5a Doubled frequency in 8 national ports	0 %	0 %	0 %	0 %
5b Doubled frequency in all ports	0 %	0 %	-1 %	-1 %

We see from the tables that none of the scenarios results in a significant increase in sea transport. Most scenarios are rather an illustration of cost and environmental consequences of a shift from sea transport to the other transport modes. Since sea transport is the mode operating with definitely the lowest transport costs per tonne-kilometre, you get an increase in the total costs in several scenarios

In spite of its strong increase in certain scenarios, rail transport will nevertheless comprise a modest portion of the tonne-kilometres (from 9 to 16 per cent), reduced sea transport will in most cases result in more road transport, with the consequences to cost and environment that this will bring. Only in the scenarios with increased environmental charges does rail transport gain market share from both sea and road.

The percentage growth in tonne-kilometres by rail is high in some of the scenarios, particularly in the less realistic scenarios 3a (54 per cent) and 3c (68 per cent), but powerful growth (32 per cent) is also calculated in the scenario with the highest CO<sub>2</sub> charges (1c). An important question, therefore, is whether the Norwegian railway system has the capacity for such an increase in tonne-kilometres. According to the Norwegian National Rail Administration, there is considerable available capacity in freight transport today, as long as one avoids the busiest hours of the day and the busiest lines, and do not place too strict demands on conveyance speed. However, relatively modest investments in railway sidings will boost capacity considerably.

Whether or not the growth calculated in each scenario is realistic, depends greatly on how it is broken down into the various railway lines, a factor we haven't studied in conjunction with the examples we have calculated. However, this will be necessary if we're to make a complete analysis of a measure. Neither we have included any costs for capacity-boosting measures in the rail network when calculating social costs.

We get the greatest change in transport-mode distribution and costs in the scenario in which supply in sea transport is dramatically limited by "shutting down" most ports (3a), and in the scenario that limits sea transport to include only bulk products

(3d). As previously stated, these scenarios are not very realistic, but can provide some idea of the importance of coastal trade in Norway by way of rough figures indicating the impact of such changes on costs and the environment. In scenario 3a, tonne-kilometres at sea is reduced by more than 40 per cent, while tonne-kilometres by road is increased correspondingly and rail a bit more. The extent of transshipping is reduced by 16 per cent, while external costs rise by 31 per cent. This entails a 45 per cent increase in costs linked to noise and wear on the road and rail network, a 17 per cent increase in accident costs as well as costs connected with local and global air pollution of 22 and 28 per cent, respectively.

The scenarios illustrating the effects of increased environmental charges are more realistic, and also have a relatively major impact. Scenario 1c describes the consequences of a CO<sub>2</sub> charge of NOK 650 per tonne of emission, which is included entirely in the freight prices. As a result, rail transport will increase by 32 per cent, while tonne-kilometres by sea and road will decrease by 5 and 4 per cent, respectively. However, it may be interesting to note that CO<sub>2</sub> emissions do not decline significantly as a result of the charge, only by 1 per cent. That is because the freight-flow matrixes are fixed, and that all transport modes have a certain emission of CO<sub>2</sub> (it is assumed that electricity for railway is produced by gas power plants). The extent of transshipments increases, which also entails a certain energy consumption. The CO<sub>2</sub> charge linked to transshipment is very small compared to the transshipment cost itself, and hence has minimal effect on modal split. Costs derived from air pollution and accidents are reduced by 3 per cent each. However, because costs from noise and wear increase, there is only a small reduction in total external costs. Basically, it is conceivable that this type of increase in transport charges will result in changes in transport demand itself (i.e. changed OD matrixes), e.g., in that the average transport distance shrinks because of relocations, trading with companies that are geographically nearer, etc. These are factors that may affect emissions and costs.

Because the assumption that environmental charges will be passed on entirely to the transport buyer is rather uncertain, we have for scenario 1c also chosen to calculate the effect if only half the charge increase for each of the transport modes is passed on to the customer through the freight price. We then get less redistribution between transport modes. Tonne-kilometres by rail increases by 22 per cent, while road and rail are reduced by 2 and 3 per cent, respectively. The changes in external costs, etc., will also be correspondingly less.

In the other scenarios, we do not find equally great changes in modal split. In scenario 4, we looked at the consequences of changed freight composition, with a larger share of general cargo and less bulk products. General cargo has a higher value of time, resulting in greater use of faster transport modes such as road and rail. In this scenario, freight and time costs increase by 5 per cent and external costs by 2 per cent.

Three scenarios give a slight increase in freight transport at sea: the scenario (3c) in which conveyance speed at sea is increased by 10 per cent compared to the basic scenario, and two scenarios in which the frequency of regular (scheduled) service in the ports is increased (5a and 5b). However, the increase in tonne-kilometres at sea is rather small: 1-2 per cent. The effect of a frequency increase in regular service is not so great because we in the model only allows this to affect the

transport of general cargo, which comprises a relatively small portion of freight volume at sea. In scenario 3c we find that a 10 per cent increase in speed at sea yields a 2 per cent increase in tonne-kilometres at sea. However, a 10 per cent reduction in speed at sea is estimated to give a 4 per cent reduction in tonne-kilometres at sea.

The results of the scenarios clearly show that a more limited supply at sea will result in increased costs in several areas. Freight costs are most important, and are definitely lowest at sea. The time costs are higher than for the other transport modes, but make up a relatively small part of the total cost picture. Shipping is in a unique position regarding infrastructure, since costs from wear and maintenance are only linked to the ports. Roughly speaking, noise costs can also be ruled out (although some noise should be considered in conjunction with transshipment in ports). External costs relating to noise and wear thus increase substantially when transferring freight to other transport modes. Regarding accidents and air pollution, shipping has costs per tonne-kilometres that are below road transport, but above rail transport.

A main conclusion from the calculations is that the total costs linked to transport mainly increase when the extent of domestic sea transport declines. Emissions, too, increase with a transition away from sea transport, except in the scenarios with increased environmental charges, where there at the same time is a shift away from road transport.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn og problemstilling

Prosjektet *Virkninger for samferdselssektoren av endret tilbud i norsk kystfart - Scenarier for kystfarten* ble startet opp høsten 1997. Hovedoppgaven i prosjektet har vært å beregne transportmessige og økonomiske virkninger av ulike tiltak som berører samferdselssektoren, en har altså sett noe utover kun ”endret tilbud i norsk kystfart” som er angitt i prosjekttittelen. Prosjektet er finansiert av Norges forskningsråds program for Nærskipsfart, sammen med Fiskeridepartementet, Samferdselsdepartementet og Rederienes Landsforening.

En har over flere år sett en tendens til at den norske kystfarten taper markedsandeler til vegtransporten (se kapittel 2). Dette kan ha mange årsaker, og vi har i dette prosjektet ønsket å se nærmere på hvordan ulike tiltak eller utviklingstrekk virker inn på konkurranseforholdet mellom transportformene, dvs hvilken endring en får i transportmiddelfordelingen. I tillegg beregnes endring i transportkostnader, utslipp, ulykker mv, samt hvordan dette slår ut i bl a eksterne kostnader.

Hovedmålet med prosjektet er altså å gjøre en grov analyse av effektene av ulike endringer i infrastruktur, avgifter, trender, krav fra transportkjøpere etc. Ved hjelp av den Nasjonale nettverksmodellen for godstransport, NEMO (Ingebrigtsen m fl, 1997), beregnes transportmessige konsekvenser i form av nye valg av transportløsninger og endring i transportarbeid med ulike transportmidler, samt endring i transportkostnader. I en ettermodell til NEMO beregnes grovt hvilke konsekvenser en endret transportmiddelfordeling vil ha for miljøutslipp, støy, ulykker knyttet til godstransport osv. Avslutningsvis verdsettes de ulike effektene økonomisk og sammenstilles i grove samfunnsøkonomiske analyser.

Slik prosjektet er definert dekker det kun innenlands godstransport. Dette er en klar svakhet, spesielt i forbindelse med sjøfart hvor en stor andel av det som fraktes langs kysten er en del av en transport til eller fra utlandet. Bl a er det slik at flere av godsrutene langs kysten også går innom en eller flere havner utenlands. En har også en del utenriks gods som omlastes i f eks Oslo til kyststruter. Dette er problemer vi ikke har hatt mulighet til å løse fullt ut i foreliggende prosjekt, men i løpet av 1999 vil både modell og datagrunnlag utvides til også å dekke alle utenrikstransporter.

## 1.2 Innhold i rapporten

I foreliggende kapittel presenteres prosjektets problemstilling, hvordan rapporten er bygget opp, samt en kort innføring i noe av problematikken rundt godstransportmodellering.

Kapittel 2 er en kort oppsummering av tilgjengelig kunnskap om norsk kystfart og om kystfartens konkurranseflater til andre transportformer. Dette er delvis hentet fra notatet *Norsk kystfart - en kunnskapsoversikt* (Barlaup, 1998), som ble utarbeidet i en tidlig fase av prosjektet. I tillegg gjengir vi i kapittel 2 noen av de utviklingstrekk en ser i forbindelse med godstransport, samt utfordringer sjøfarten står overfor i denne sammenheng.

Selv om analysene begrenser seg til innenlands transport, har vi likevel tatt med et kapittel om Norges utenrikstransporter og sjøfartens rolle i utenrikshandelen. Kapittel 3 gir en oversikt over situasjonen i 1997, fordelt på transportformer, regioner innenlands og utenlands, samt en grov fordeling på varegrupper. I tillegg gis en oversikt over godsomslag i norske trafikkhavner i 1996.

I kapittel 4 gis en beskrivelse av den Nasjonale nettverksmodellen for godstransport, NEMO, som er benyttet i analysene.

Kapittel 5 forklarer begrepet nyttekostnadsanalyse eller samfunnsøkonomisk analyse, og gir en oversikt over hvilke forutsetninger og begrensninger som er knyttet til de grove beregningene av samfunnsøkonomiske kostnader som gjøres i dette prosjektet.

Kapittel 6 er en gjennomgang av de scenariene vi, i samråd med referansegruppen for prosjektet, har valgt å analysere.

I kapittel 7 vises beregningsresultatene for hvert scenario, i form av transportmessige endringer, eksterne effekter og samfunnsøkonomiske kostnader.

I kapittel 8 oppsummeres beregningene, samtidig som usikkerheten i modell og resultater diskuteres.

I kapittel 9 går en nærmere inn på spesielle forhold rundt sjøfart og miljø, og diskuterer enkelte av de forenklinger som er gjort i prosjektet i forbindelse med miljøberegninger.

## 1.3 Utfordringer ved godstransportmodellering

Analyse av etterspørselen etter godstransport er mer kompleks enn for persontransport på grunn av at godstransporter involverer *flere beslutningstakere* (sender, mottaker, transportør mv), i noen sammenhenger med ulike målsettinger.

Sammenliknet med de etter hvert svært mange modellene som finnes for persontransport, ligger fremdeles godstransportmodeller langt etter. Det er de siste årene skjedd en del på dette feltet, med en opptrapping av satsingen både i de nordiske land og innen EU-prosjekter, men fremdeles er det påfallende få eksempler på vellykkede beslutningsstøttemodeller for godstransportsektoren. I det følgende vil vi nevne noen av de faktorer som kan forklare dette.



Generelt er det i en godstransportanalyse ikke åpenbart hva som er den relevante *analyseenhet*. Det kan f.eks. være sending, tur, tonn, tonnkilometer, kjøretøy, vognkm, transportbedrift, avsenderbedrift eller mottakerbedrift. Egenskaper tilknyttet alle disse enhetene har potensielt betydning for beslutninger vedrørende godstransporten. Mest grunnleggende er antakelig sendingsenheten. Likevel vil en heller ikke i en sendingsanalyse få med seg alle relevante sider ved godstransportmarkedet. Problemer med å definere mikroenheten er kanskje det sterkeste argumentet for å gjøre analysen på et såpass aggregert nivå at tallene blir nærmest uavhengige av hvilke mikroenheter som ligger til grunn for statistikken. Prisen for dette er at en god del av den beslutningsrelevante informasjon på mikronivå, så som f.eks. hvilken fraktrate som gjaldt for den enkelte sending, går tapt i et mer aggregert statistisk materiale.

Innen godstransport er også antall varegrupper som transporteres svært stort (f.eks. bulk, enhetslaster, gods med begrenset holdbarhet mv) med ulike krav til transportkvalitet. Samtidig er mesteparten av informasjonen om transportkostnader og mengde transportert ofte konfidensiell ut fra konkurransehensyn.

En betydelig svakhet ved flere modelltyper (også den vi benytter) er at en tar det samlede godstransportvolum på de enkelte relasjoner som gitt. I lys av hvordan næringslivets tilpasning på dette området foregår, er en slik forutsetning ikke helt realistisk. Transportkjøperne har, dersom de opptrer økonomisk rasjonelt, ikke primært som mål å minimere transportkostnadene, men å maksimere overskuddet. Det innebærer at transport som innsatsfaktor vil bli veiet mot andre mulige input i produksjonen. Det kan være rasjonelt for bedriften å pådra seg større kostnader til transport, hvis den på denne måten kan redusere kostnaden på andre felter, f.eks. til lagerhold. Mer generelt vil bedriften i noen tilfeller ha valget mellom å kjøpe halvfabrikata utenfra eller stå for en større del av produksjonsprosessen selv. Dersom valget faller på innkjøp utenfra, kan bedriften kanskje velge mellom en nærliggende, men forholdsvis dyr leverandør og en fjernere, men billigere leverandør. Alle slike avveininger vil ha betydning for hvor mye transport som i det hele tatt genereres i næringslivet, og i enda større grad for transportvolumet på de enkelte relasjoner.

Oppbygging av en pålitelig beregningsmodell for godstransport er således en meget krevende oppgave. Sammenliknet med persontransport har en sett få eksempler på vellykkede og anvendelige framstøt. Dette har imidlertid endret seg noe de siste årene, da godstransport og godstransportmodeller har kommet mer på dagsordenen, både nasjonalt, internasjonalt og i ulike EU-prosjekter.

Vi har i vår modell NEMO ikke overvunnet alle problemene nevnt over, og det er fremdeles mye som kan gjøres for å forbedre modellen. Dette er ting vi kommer tilbake til i kapittel 4, hvor selve modellen beskrives.

## 2 Utviklingstrekk i godstransport

For at de modellbaserte analysene som gjøres i prosjektet skal gi et mest mulig realistisk bilde av norsk kystfart, og for å kunne utvikle realistiske analysescenarier, har en behov for et allsidig datagrunnlag både om kystfarten i seg selv, men også om kystfartens konkurranseflater i forhold til andre transportformer. Noe av dette er forsøkt beskrevet i følgende kapittel.

Teksten i kapitlet bygger delvis på notatet *Norsk kystfart – en kunnskapsoversikt* (Barlaup, 1998), som ble utarbeidet i starten av prosjektet.

### 2.1 Sjøtransportens andel av innenlands godstransport

Sammenlignet med andre nordiske land har sjøtransport en meget sterk stilling i Norge, også når vi ser bort fra oljetransporter fra kontinentalsokkelen. Dette har en naturlig sammenheng med Norges lange kystlinje, men også at Norge har et sterkt innslag av råvarebasert industri som krever billige transport. Utviklingen er imidlertid at innenlands sjøfart taper terreng i forhold til andre transportformer.

Av total innenlands *godsmengde* som ble transportert i 1997, gikk 91 prosent på veg, mens bare henholdsvis 7 og 2 prosent ble transportert på sjø og bane. Oljetransporter fra kontinentalsokkelen og bilferger er da holdt utenom tallene for sjøtransport.

Fra 1980 til i dag har det vært en klar vridning fra sjø- og jernbanetransporter og over på vegtransport. Jernbanen har halvert sin markedsandel i perioden, fra 4 til 2 prosent av godsmengden, mens sjøtransportene er redusert fra 13 prosent av godsmengden i 1980 til 7 prosent i 1997 (Rideng, 1998). Vegtransporten har økt fra 83 prosent av total godsmengde i 1980 til 91 prosent i 1997. Den totale godsmengden har økt med 14 prosent i perioden.

I tabell 2.1 vises utviklingen i markedsandeler for transportmidlene når det gjelder transporterte godsmengder. Som tidligere nevnt er bilferger og oljetransporter fra kontinentalsokkelen ikke med i det vi her definerer som sjøtransport (til forskjell fra Rideng (1998)).

Ser en på det samlede *godstransportarbeidet* i 1997, hadde vegtransport en andel på 56 prosent, mens sjøtransport hadde 35 prosent og jernbanen 9 prosent. Vi skal ikke lenger tilbake enn til 1991-92 for å finne at sjø- og vegtransport hadde like stort transportarbeid, og i 1980 var transportarbeidet på sjø 80 prosent høyere enn på veg! Jernbanen har ligget stabilt på 9-10 prosent av totalt transportarbeid hele perioden. Totalt transportarbeid har imidlertid økt med 27 prosent i perioden 1980 til 1997. Årsaken til at vegtransport har en mye større andel av transportmengde

enn av transportarbeid, er at transporter på veg i gjennomsnitt er kortere enn transporter på sjø og med jernbane.

Tabell 2.1. Markedsandeler for transporterte godsmengder innenlands 1980-1997. Prosent. (Rideng, 1998).

År	Sjø <sup>1)</sup>	Bane	Veg	Mill. tonn <sup>1)</sup>
1980	13	4	83	252,0
1985	11	4	85	254,0
1990	10	3	87	264,0
1991	9	3	88	256,3
1992	10	2	88	252,5
1993	10	2	88	236,2
1994	10	2	88	249,0
1995	8	2	90	246,4
1996	8	2	90	270,8
1997	7	2	91	287,6

<sup>1)</sup> Eksklusive oljetransporter fra kontinentalsokkelen og bilferger.

I tabell 2.2 vises utviklingen i markedsandeler av innenlands transportarbeid for hver av transportformene i perioden 1980 til 1997.

Tabell 2.2. Markedsandeler i innenlands godstransportarbeid 1980-1997. Prosent. (Rideng, 1998).

År	Sjø <sup>1)</sup>	Bane	Veg	Mill. tonnkm <sup>1)</sup>
1980	58	10	32	16538
1985	52	10	37	17299
1990	47	9	44	18682
1991	45	9	46	18130
1992	46	9	45	18744
1993	46	10	44	18556
1994	43	9	48	18223
1995	37	9	54	17989
1996	37	9	54	19679
1997	35	9	56	21009

<sup>1)</sup> Eksklusive oljetransporter fra kontinentalsokkelen og bilferger.

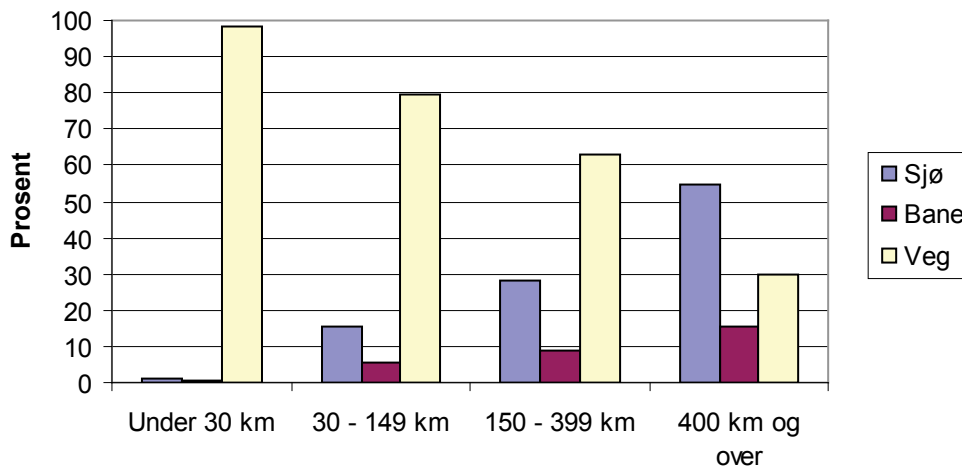
For innenlands godstransport har det i perioden 1980 til 1997 vært en kraftig økning i gjennomsnittlig transportavstand for alle transportformene, mest for jernbane hvor avstanden er mer enn fordoblet. I 1997 var gjennomsnittlig transportavstand for vegtransport 45 kilometer (25 km i 1980), for sjøtransport 333 kilometer (297 km i 1980) og for jernbanetransport 390 kilometer (176 km i 1980) (Rideng, 1999).

63 prosent av de totale godsmengder fraktes kortere enn 30 kilometer, og 88 prosent transporteres kortere enn 150 kilometer. Kun 5 prosent av godsmengdene transporteres lengre enn 400 kilometer.

Figur 2.1 viser transportmidlenes andel av innenlands godsmengde i ulike avstandsgrupper. Vi ser at vegtransport er helt dominerende i godstransport over korte avstander, med oppimot 100 prosent av transportene under 30 kilometer, og

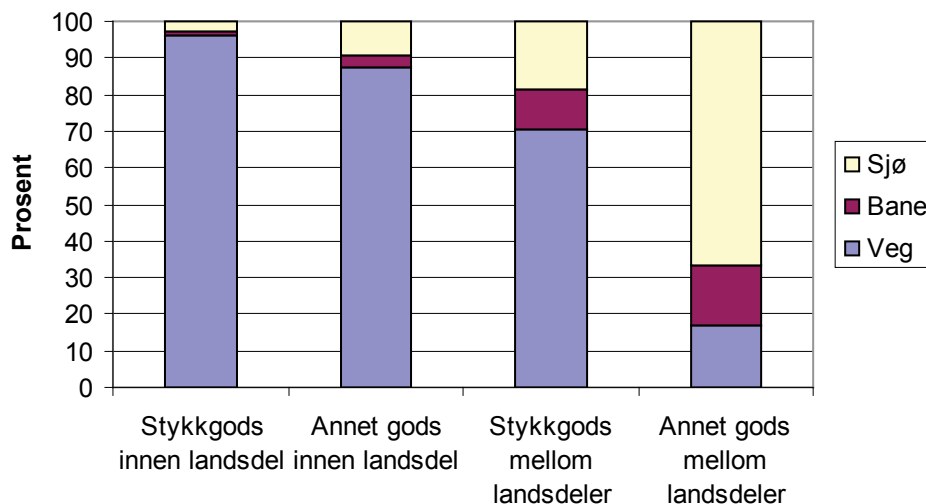
nesten 80 prosent mellom 30 og 150 kilometer. Også på distanser fra 150 til 400 kilometer har bilene en dominerende stilling, med over 60 prosent av godsmengden.

Sjø- og jernbanetransportens andel av godstransporten øker med økt distanse. På transportavstander lengre enn 400 kilometer står sjøtransport for 55 prosent av de transporterte mengder.



Figur 2.1. Transportmidlenes andel av innenlands godsmengde i avstandsgrupper. Prosent. 1993 (Skarstad, 1996)

Selv om vegtransporten har sin relative styrke på kortere distanser, registrerer en at biltransportens andel har vært økende også på de lengre distansene. Båt og jernbane er som vi ser i figur 2.1 likevel fortsatt viktig på lengre avstander.



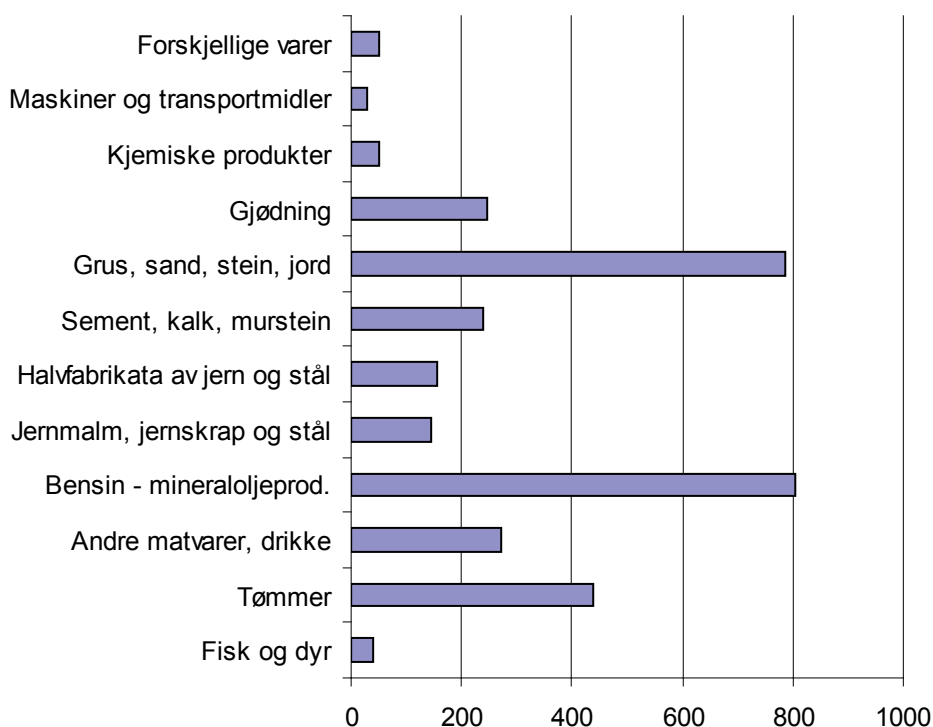
Figur 2.2. Transportmiddelfordeling innen og mellom landsdeler etter godsmengde. Stykk gods og annet gods. (Skarstad, 1996)

Transportmiddelfordelingen er imidlertid sterkt varierende med hensyn på godstype eller vareslag. Vi har foretatt en grovdeling av godset i to kategorier, henholdsvis stykkgoods og ”annet gods” (dvs tørr og flytende bulk, samt tømmer og trelast). Målt i tonn er gruppen ”annet gods” dobbelt så stor som stykkgoods.

Inndelingen i hhv stykkgoods og annet gods går i denne sammenheng på *vareslag*, ikke lastbærer (container osv) som er vanlig i mange sammenhenger (f eks en del havnestatistikk). I vedlegg 1 er vist hva som i denne sammenheng inngår i kategorien ”stykkgoods”.

Som figur 2.2 viser, har vegtransporten en særlig sterk stilling innen stykkgoods-transport, med hele 96 prosent av transportmengdene *innen* landsdeler og ca 70 prosent av transportmengdene *mellom* landsdelene. Figuren viser også at skip totalt sett har en klart større andel enn jernbanen, både ved transport innen landsdeler og mellom landsdeler. For bulk-lignende transporter (annet gods) mellom landsdeler har sjøtransport en andel på ca 67 prosent.

Figur 2.3 viser hvordan transportarbeidet på sjø er fordelt på ulike vareslag. Figuren er hentet fra Barlaup (1998), og gjelder transport med tørrlast- og tankskip mellom 100 og 3000 bruttotonn i innenlands leie- og egentransport. Vi ser at bensin og andre mineraloljeprodukter har flest tonnkilometer med 803 millioner, etterfulgt av grus, sand osv med 788 millioner tonnkilometer.



Figur 2.3. Millioner tonnkilometer etter vareslag. Innenlands transporter. Tørrlast- og tankskip 100-3000 BT. 1993 (SSB, 1996).

Gjennomsnittlig transportlengde for de ulike vareslagene varierer fra 15 kilometer for tjære (ikke med i figur 2.3 pga lavt transportarbeid) opp til 1230 kilometer for jernmalm og skrap av jern og stål. Maskiner og transportmidler fraktes også langt med et gjennomsnitt på 1004 kilometer.

## 2.2 Godsruter på kysten

Med godsruter forstår vi seilinger med godsruteskip mellom bestemte steder etter en offentliggjort ruteplan. Godsrutene langs norskekysten består av rene innenriksruter og ruter til og fra bl a polske, tyske, engelske, danske og svenske havner. Enkelte rederier har godsbåter i både rute- og linjefart.

Avgrensingen mellom rute- og linjefart er ikke helt klar. Med linjefart forstår vi vanligvis skip som anløper de samme stedene regelmessig, men uten å være bundet til bestemt dag og tid på samme måte som ruteskipene. Linjeskipene går alle i utenriks fart, dvs at de går mellom utenlandske og innenlandske havner.

En annen karakteristisk forskjell på rute- og linjeskipene er at de siste i langt høyere grad anløper private industrikaier. En stor del av de linjebundne transportene består av regelmessige sendinger for store industrikunder (f eks innsatsvarer inn, halvfabrikata og råvarer ut).

I 1994 var det i følge en undersøkelse fra MARINTEK (Heimdal, 1997) 15 rederier eller speditører med egne skip som opererte i rutefart langs norskekysten. 11 av disse opererte også ved inngangen til 1998. Tre selskaper sluttet i løpet av perioden med rene godsruter, og konsentrerer seg i stedet om ferge- og landtransport. En annen aktør har heller ikke godsruter lenger, men opererer båter i spot-markedet. Resten av aktørene har bare mindre endringer i sin virksomhet.

Nor-Cargo er den desidert største aktøren i markedet målt både etter godsmengde og antall skip i rute. Dette gjelder også når hurtigruteskipene holdes utenfor. Et fellestrekk for mange av rederiene er at de i tillegg til den rene rutefarten også har skip i linjefart med ett eller flere anløp i utenlandske havner. Det rutegående transporttilbudet langs kysten dekker derfor en dobbelt funksjon ved at det i tillegg til transport mellom havner i Norge ofte representerer direkte forbindelse for import fra og eksport til våre viktigste nærmarkeder. Denne trenden er økende (Heimdal, 1994).

## 2.3 Utviklingstrekk i godstransport

I Norge har sjøtransporten alltid hatt en viktig rolle, noe som bl a har sammenheng med vår lange kystlinje og vår industristruktur. Utviklingen viser likevel at innenriks sjøfart taper terreng i forhold til lastebiltransport fra dør-til-dør. En stor del av sjøfarten er store laster i bulkskip, som går over industrikaier både hos avsender og mottaker. Denne del av transportmarkedet er mindre konkurranseutsatt fra andre transportmidler enn det mindre sendinger er.

Det er imidlertid utviklingstrekk som peker på at store bulkklaster brytes opp i mindre og hyppigere forsendelser, blant annet ved økt bruk av containere. Dette har sammenheng både med omlegging i produksjonsformer og med ”just-in-time”-tankegang.

For stykkgodsmarkedet representerer vegtransporten en sterk konkurrent til sjøtransport, og har som vi har sett overtatt markedsandeler de siste årene. Lastebilen er rask, fleksibel, og pålitelig med hensyn til levering, og er i mange tilfeller ikke så mye dyrere enn samlet transportpris for intermodale transporter der båt eller tog er hovedtransportmiddel. Lastebil regnes imidlertid i en del sammenhenger som et dårligere alternativ miljømessig (avhengig av type bil og skip som sammenliknes, utnyttelsesgrad, transportrelasjon mv). Flere steder i Europa har en etter hvert også store kapasitetsproblemer i vegnettet, noe som kun i begrenset grad er tilfelle i Norge enda.

Årsaken til at sjøfarten har tapt terreng mot lastebiltransport er nok svært sammensatt, bl a kan endringer på tilbudssiden (f eks vegutbygging), endringer i vare sammensetning (ulikt gods stiller ulike krav til transporten), og endrede krav fra transportkjøperne (f eks just-in-time med mindre forsendelser og krav om hyppig frekvens og rask fremføring) ha vært medvirkende. I modellberegningene i kapittel 7 har vi bl a forsøkt å se nærmere på hvordan denne type forhold kan virke inn på godsets fordeling på transportmidler.

En oppblomstring for sjøfarten forutsetter at næringslivets krav til transportkvalitet tilfredsstilles. Næringslivet, representert ved vareeierne, er avhengig av fleksibel transport som er forutsigbar med hensyn til kvalitet. I kvalitetsaspektet inngår elementer som fremføringstid, frekvens, pris, presisjon, fremføringsikkerhet, informasjon mv. Slike krav stilles uavhengig av hvordan transporten gjennomføres. Dersom sjøfarten skal være attraktiv for næringslivet, må den minst møte det fleksibilitets- og kvalitetsnivå som veg- og jernbanetransport kan tilby. Effektive terminaler, heriblant havner, står helt sentralt i dette bildet. Skal sjøfarten være konkurransedyktig må derfor havnene være like fleksible og forutsigbare som de øvrige elementer i sjøtransportsystemet. I dette ligger at både tekniske og organisatoriske forhold må legges bedre til rette enn det en ofte ser i dag.

Med økende krav til transportkvalitet på grunn av strengere leveringsbestemmelser, kortere ledetider i produksjon, høyere lagringskostnader osv, ser vi en utvikling mot at transportstrømmer samles i sentrale transportkorridorer (Hop, 1995). Det er enklere å effektivisere transporter som går samlet i én strøm enn om den samme godsmengden spres på flere, mindre strømmer. En konsentrasjon til færre havner kan f eks innebære at det etableres et marked for høyere frekvens i rutegående tilbud over havnen. I transportkorridorer innrettet mot sjøtransport inngår havner på lik linje med rederier, landtransportører på veg og bane, speditører og terminaloperatører som aktører. Alle disse leddene i kjeden må være i stand til å tilpasse seg endrede forutsetninger dersom sjøtransporten skal kunne opprettholde eller øke sin markedsandel.

## 3 Sjøfartens rolle i utenrikshandelen

Slik prosjektet er definert tar det kun for seg innenlands transporter i Norge (dvs at både start- og sluttsted for transporten er i Norge). Utenriks transporter utgjør imidlertid en stor del av sjøtransporten langs kysten. Havnestatistikk viser at 64 prosent av totalt godsomslag i 47 trafikkhavner er gods som importeres fra eller eksporteres til utlandet (Madslie og Ryntveit, 1998).

I og med at utenrikstransporten er så viktig i forbindelse med sjøfart vil vi i dette kapitlet gi en oversikt over denne, selv om den altså ikke inkluderes i analysene i kapittel 7. Foreliggende kapittel gir noe generell informasjon om det statistiske grunnlaget, hovedtall for godstransport til og fra utlandet med fokus på sjøtransport, samt tall for godsomslag i trafikkhavnene.

Nettverksmodellen (NEMO) som benyttes i analysene omfatter foreløpig kun de norske transportnettene. I løpet av 1999 vil modellen utvides til også å dekke import og eksport, og analysene kan da i praksis utvides til å dekke alle transporter både innen og til/fra Norge.

### 3.1 Om utenrikshandelsstatistikken

Statistikk over utenrikshandelen utarbeides av Statistisk sentralbyrå og bygger på tolldeklarasjoner som tollvesenet innhenter. Innførsels- og utførselsdeklarasjonene fylles ut av henholdsvis importører og eksportører og blir kontrollert av tollvesenet. Varer som er oppgitt med vekt, er registrert med nettovekt, dvs vekt uten emballasje.

*Opprinnelsesland* (produksjonsland) er for råvarer det land hvor varen er frambrakt, og for bearbeidde (herunder raffinerte) varer det land hvor varen har fått den form den har ved innførselen. Opprinnelsesland er dermed det land hvorfra transporten av varen til Norge starter. *Bestemmelsesland* er det land som på utførselstidspunktet er det sist kjente land varen er bestemt for, sendt direkte eller via annet land uten mellomliggende handelstransaksjoner der. Omlasting underveis endrer ikke forholdet. Bestemmelsesland kan dermed regnes som det land en eksportert vare skal transporteres til. Transportmiddel som registreres er *transportmiddel ved grensepassering*.

Fram til 1997 har ikke innenlands *opprinnelsessted* eller *destinasjonssted* i Norge vært registrert i statistikken, kun hvilket tollsted som er benyttet. Tollbehandling skjer vanligvis ved tollsted i import- eller eksportfylket, men noe gods fortolles ved grensepassering. Det vil derfor være et visst avvik mellom tollstedsfylke og faktisk opprinnelsesfylke eller destinasjonsfylke. Fra 1997 registreres både tollsted og *produksjonsfylke* for varer som eksporteres, slik at en får atskillig bedre



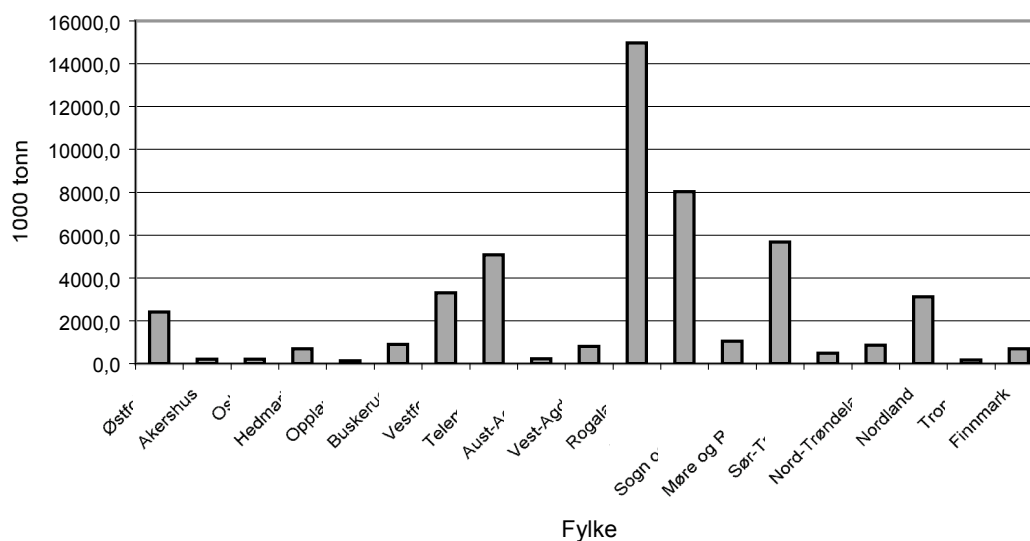
informasjon om hvor i Norge transporten av eksportvarer opprinnelig startet. Det viser seg at i gjennomsnitt fortolles 94 prosent av godset i samme fylke som det blir produsert.

I tallene som presenteres i dette kapitlet medregnes kun gods som eksporteres fra eller importeres til de 19 fylkene på fastlandet. Oljeeksport fra kontinentalsokkel og transporter til og fra Svalbard er dermed holdt utenfor.

## 3.2 Eksport

Figur 3.1 viser eksportert godsmengde etter produksjonsfylke, mens figur 3.2 viser eksportens fordeling på transportmidler.

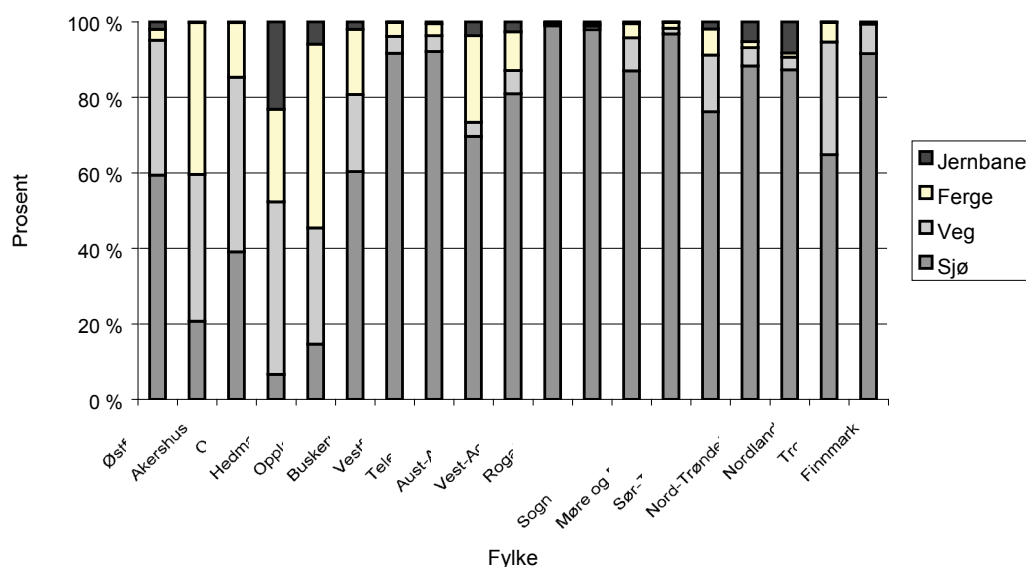
Vel 60 prosent av godsmengden som ble eksportert i 1997 ble produsert på Vestlandet. Rogaland står for 31 prosent av eksporten fra fastlandet, Hordaland 16 prosent og Møre og Romsdal 12 prosent. Det aller meste som eksporteres fra disse fylkene er bulkprodukter. Olje utgjør 33 prosent og gass 11 prosent, mens rå gjødningsstoffer og mineraler utgjør 36 prosent.



Figur 3.1. Eksport fra fylker (der godset er produsert) i 1997. 1000 tonn

Det aller meste av norsk eksport går med skip, hele 90 prosent, mens 6 prosent går på veg, 3 prosent med bil på ferge og 1 prosent på jernbane. Det er imidlertid store forskjeller mellom fylkene. I Østlandsfylkene varierer andelen gods på sjø (skip eller ferge) fra 31 prosent i Hedmark til 95 prosent i Vestfold og Telemark. Andelen gods på sjø er størst på Vestlandet med mellom 90 og 100 prosent i alle fylker, men noe lavere igjen i fylkene nordover. Transport på ferge er særlig viktig for noen østlandsfylker og Agderfylkene. Gods med opprinnelse i Akershus,

Hedmark og Oppland fraktes i stor grad med bil, her utgjør ferge- og vegtransport totalt mellom 70 og 80 prosent.



Figur 3.2. Eksport fra fylker (der godset er produsert) i 1997. Andeler på transportmidler. Prosent

Kun én prosent av eksportert gods passerer grensen med jernbane. Denne transportformen er viktigst i Hedmark, hvor den utgjør 23 prosent. Nordland, Oppland og Nord-Trøndelag har andeler på henholdsvis 8, 6 og 5 prosent.

Tabell 3.1 viser destinasjon for gods produsert i de ulike landsdelene. Av tonn gods som eksporteres fra fastlandet går 89 prosent til europeiske land, og 24 prosent til nordiske. Tyskland, Storbritannia, Danmark, Nederland og Sverige er i synkende rekkefølge våre fem største handelspartnere (i tonn gods).

Tabell 3.1. Eksport fra landsdeler (etter produksjonssted) til soner i utlandet i 1997. 1000 tonn

Landsdeler	Utenrikssoner								
	Sverige og Finland	Danmark	Nord-Europa	Britiske øyer	Øst-Europa	Sør-Europa	Ukjent Europa	Resten av verden	Alle land
OsIAkeØstf	848,8	228,9	537,1	399,6	116,9	242,1	1,4	439,4	2810,1
BusVestfTel	1100,9	706,8	2203,8	1237,2	247,9	1712,7	0,8	2080,0	9286,8
HedOpp	464,9	76,3	145,4	50,7	2,8	29,7	0,4	41,3	810,5
AgdRog	1196,7	2352,9	7621,8	1961,1	874,5	1060,1	173,4	762,6	15999,9
HordSoFj	350,8	1541,1	2806,4	1857,0	592,6	975,8	78,7	877,3	9067,2
TrøndMørRo	1117,5	147,5	2907,4	1035,7	314,0	834,5	2,3	675,5	7027,3
NorTroFin	791,8	182,4	1446,2	486,5	176,0	355,0	0,1	548,5	3982,1
<b>Hele landet</b>	<b>5870,4</b>	<b>5235,5</b>	<b>17666,8</b>	<b>7026,2</b>	<b>2324,1</b>	<b>5207,7</b>	<b>257,2</b>	<b>5396,1</b>	<b>48983,9</b>

Tabell 3.2 viser hvilken andel av eksportgodset som transporteres på sjø (skip eller ferge). Sjøtransporten utgjør mellom 90 og 100 prosent til alle utenrikssoner

unntatt Sverige og Finland, hvor andelen er 62 prosent. Det må presiseres at transportmiddel som er registrert i utenrikshandelstatistikken er transportmiddel ved grensepassering. Skip kan derfor være registrert som transportmiddel selv om et annet transportmiddel er det dominerende på strekningen.

Tabell 3.2. Eksport fra landsdeler (etter produksjonssted) til soner i utlandet i 1997. Andel på skip (inkl ferge).

Landsdeler	Utenrikssoner								
	Sverige og Finland	Danmark	Nord- Europa	Britiske øyer	Øst- Europa	Sør- Europa	Ukjent Europa	Resten av verden	Alle land
OslAkeØstf	18 %	70 %	79 %	90 %	34 %	75 %	76 %	93 %	62 %
BusVestfTel	64 %	94 %	97 %	99 %	93 %	96 %	90 %	99 %	94 %
HedOpp	7 %	72 %	75 %	77 %	31 %	66 %	100 %	91 %	36 %
AgdRog	90 %	100 %	100 %	100 %	99 %	99 %	100 %	99 %	99 %
HordSoFj	64 %	99 %	99 %	100 %	96 %	97 %	100 %	98 %	98 %
TrøndMørRo	88 %	93 %	99 %	100 %	96 %	92 %	99 %	98 %	96 %
NorTroFin	57 %	79 %	99 %	98 %	79 %	93 %	100 %	99 %	88 %
Hele landet	62 %	96 %	98 %	99 %	92 %	95 %	100 %	99 %	93 %

Tabell 3.3 viser bruk av transportmidler for de ulike varegruppene (inndeling i varegrupper er vist i vedlegg 1). Bulkprodukter fraktes stort sett med skip. Olje og oljeprodukter fraktes i sin helhet med skip, mens sjøtransporten (skip og ferge) utgjør 94 prosent for tørrbulk. Mesteparten av stykkgodsproduktene fraktes også med båt, kun varegruppen tømmer og trelast har en forholdsvis beskjeden andel sjøtransport.

Tabell 3.3. Fordeling på transportmidler etter varegruppe for eksportert gods (i mengde) i 1997. Prosent.

	Skip	Veg	Ferge	Jernbane	Annet	Sum
Stykkgoods	65 %	21 %	11 %	2 %	1 %	100 %
Tømmer, trelast	12 %	38 %	29 %	21 %	0 %	100 %
Tørr bulk	93 %	4 %	2 %	1 %	0 %	100 %
Oljeprodukter	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
Annet	71 %	21 %	7 %	0 %	1 %	100 %
Alle varegrupper	90 %	6 %	3 %	1 %	0 %	100 %

I tabell 3.4 er det gjort gjennomsnittsberegninger av godsets verdi i forhold til mengde for ulike transportmidler og varegrupper. Et gjennomgående trekk for alle varegrupper er at gods som fraktes med bil har vesentlig høyere verdi enn gods som fraktes med skip eller tog. En legger også merke til at gods som fraktes ut av landet med bil på ferge har høyere verdi enn det som passerer grensen på landvegen. Dette gjelder for alle varegrupper.

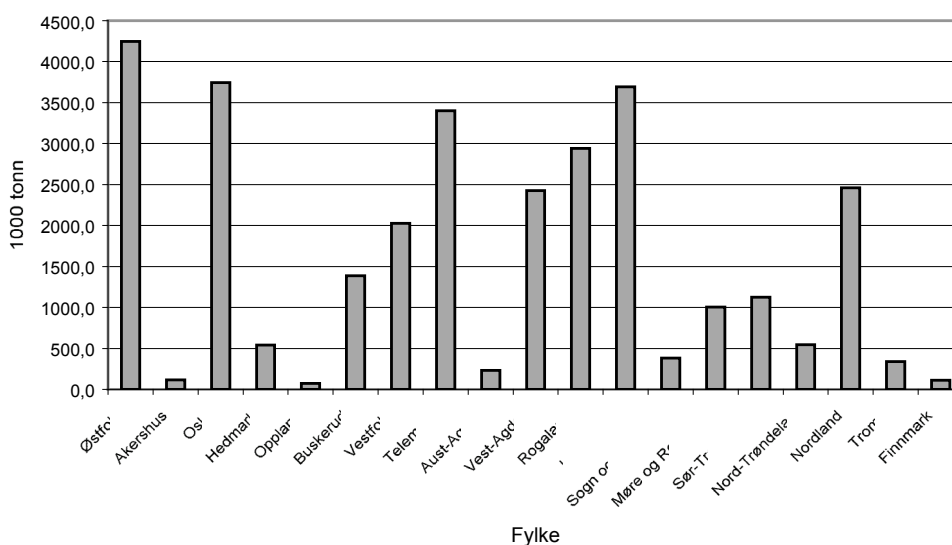
Tabell 3.4. Forholdet mellom verdi og mengde for eksportert gods i 1997. 1000 kroner pr tonn

	Skip	Veg	Ferge	Jernbane	Alle transportmidler
Stykkgoods	7,60	20,72	26,52	7,65	12,59
Tømmer, trelast	3,24	0,73	2,88	0,95	1,71
Tørr bulk	0,03	7,81	11,03	3,10	0,53
Oljeprodukter	1,22	3,74	6,30	-	1,23
Alle varegrupper	1,02	13,05	17,20	3,28	2,18

### 3.3 Import

For importert gods må vi ta utgangspunkt i tollstedsfylke, som i de fleste tilfeller (men ikke alle) er samsvarende med destinasjonsfylke. Importert gods til fylker (tollstedsfylke) og fordeling på transportmidler er vist i figurene 3.3 og 3.4.

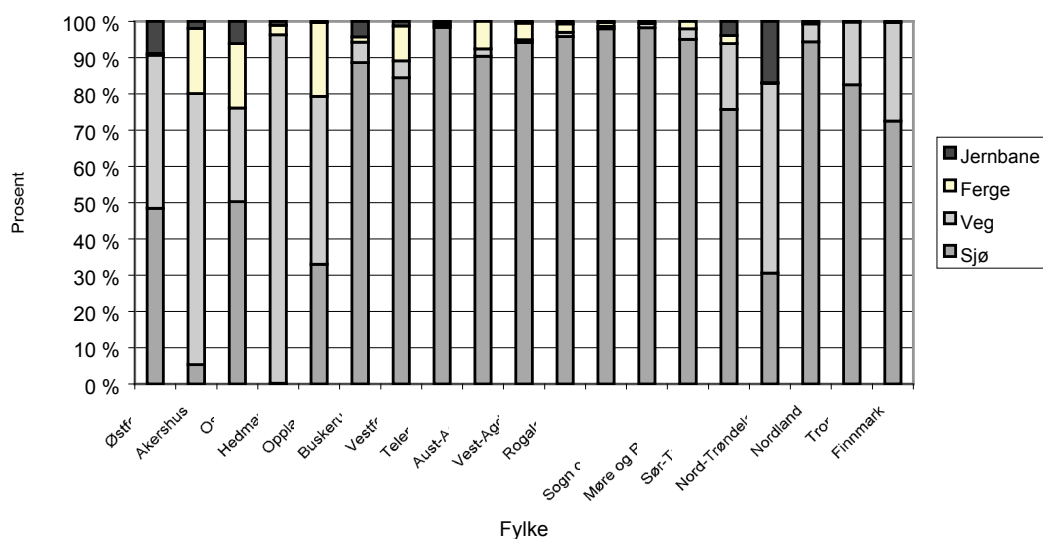
Vel halvparten av importert gods blir fortollet på Østlandet, og mesteparten av dette har trolig også destinasjon der. En tredjedel av importgodset går til Agder og vestlandsfylkene, 5 prosent til Trøndelag og 9 prosent til Nord-Norge.



Figur 3.3. Import til fylker (der godset er fortollet) i 1997. 1000 tonn

Bruken av transportmidler i import varierer mer enn for eksport. Knappt 80 prosent kommer til landet på skip, 4 prosent på ferge, 14 prosent på veg og 3 prosent med tog. Nord-Trøndelag har den største togandelen, 17 prosent. Deretter følger Østfold og Oslo med henholdsvis 9 og 6 prosent. Biltransport er generelt viktigere for import enn for eksport, særlig for gods til de fleste østlandsfylkene. Transport med skip eller ferge utgjør 23 prosent av godsmengden til Akershus, og bare 3 prosent for Hedmark. Andelen er imidlertid forholdsvis høy for Oslo, 68 prosent. Ser vi østlandsfylkene under ett, utgjør andelen sjøtransport 83 prosent for eksport, og 72 prosent for import.

Vi vil imidlertid igjen minne om at tollstedsfylke ikke alltid er sammenfallende med destinasjons- eller importfylke. Dersom en sammenligner importert mengde av forbruksvarer med folketall i fylkene, har særlig Østfold og Oslo en høy andel sammenlignet med andre fylker. Dette tyder på at en del gods fortolles i disse fylkene, for deretter å spres til andre fylker.



Figur 3.4. Import til fylker (der godset er fortollet) i 1997. Andeler på transportmidler. Prosent

Tabell 3.5 viser import til landsdeler og fra ulike regioner i utlandet, mens tabell 3.6 viser andelen av dette som transporteres på sjø. De fem viktigste handelspartnere (i tonn) når det gjelder import er Sverige, Storbritannia, Tyskland, Danmark og Russland (i synkende rekkefølge). Transport med skip er dominerende også for import. Unntaket er (i tillegg til noen søreuropeiske land) våre nærmeste naboland Sverige og Finland. Halvparten av transporten fra Sverige går med bil, 11 prosent med jernbane. Fra Finland går 40 prosent med bil, og vel halvparten på sjø.

Tabell 3.5. Import til landsdeler (etter tollsted) fra soner i utlandet i 1997. 1000 tonn

Utenrikssoner	Landsdeler							Sum
	OsiAke-Østf	BusVestf-Tel	HedOpp	AgdRog	HordSoFj	TrøndMørRo	NorTroFin	
Sverige og Finland	3384,5	801,2	540,3	378,0	499,9	783,8	261,2	6648,8
Danmark	522,9	326,9	11,0	843,1	347,5	174,3	75,3	2300,9
Nord-Europa	1289,3	884,6	20,1	767,7	744,1	414,1	523,7	4643,6
Britiske Øyer	690,1	1768,0	1,2	487,3	862,2	269,7	131,4	4209,8
Øst-Europa	595,0	1781,5	9,7	280,5	329,6	213,3	1028,7	4238,4
Sør-Europa	673,8	372,0	8,5	462,7	197,6	374,0	262,4	2351,0
Ukjent Europa	673,8	372,0	8,5	462,7	197,6	374,0	262,4	2351,0
Resten av verden	985,0	884,7	23,7	2378,3	1073,4	430,4	614,4	6390,0
<b>Sum</b>	<b>8144,2</b>	<b>6819,1</b>	<b>615,5</b>	<b>5598,3</b>	<b>4077,2</b>	<b>2676,6</b>	<b>2909,2</b>	<b>30840,0</b>

Tabell 3.6. Import til landsdeler (etter tollsted) fra soner i utlandet i 1997. Andel på skip (inkludert fergetransport).

Utenrikssoner	Landsdeler							Hele landet
	OslAke Østf	BusVestf Tel	Hed Opp	Agd Rog	Hord SoFj	Trønd MørRo	NorTro Fin	
SverigeFinland	30 %	75 %	0 %	82 %	95 %	22 %	21 %	40 %
Danmark	57 %	93 %	58 %	100 %	99 %	96 %	95 %	88 %
Nord-Europa	78 %	97 %	74 %	100 %	100 %	95 %	99 %	93 %
Brit. Øyer	91 %	100 %	58 %	100 %	100 %	100 %	100 %	98 %
Øst-Europa	80 %	99 %	22 %	96 %	99 %	96 %	99 %	96 %
Sør-Europa	59 %	95 %	65 %	99 %	97 %	97 %	99 %	86 %
Ukjent Europa	59 %	95 %	65 %	99 %	97 %	97 %	99 %	86 %
Resten av verden	85 %	99 %	94 %	100 %	100 %	99 %	100 %	97 %
<b>Alle land</b>	<b>57 %</b>	<b>96 %</b>	<b>9 %</b>	<b>98 %</b>	<b>99 %</b>	<b>75 %</b>	<b>92 %</b>	<b>83 %</b>

Tabell 3.7 viser hvordan ulike varegrupper i import fordeler seg på transportmiddel ved grensepassering. En sammenligning med oversikten i tabell 3.3 viser at vegtransporten er viktigere for import enn eksport, ikke bare totalt, men også for hver enkelt varegruppe (bortsett fra for tømmer, hvor andelen er lik i import og eksport). Når det gjelder verdi pr tonn gods ser en i tabell 3.8 omtrent det samme mønsteret som for eksportert gods (tabell 3.4), dvs at gods som fraktes med bil har vesentlig høyere verdi enn gods med skip eller på jernbane. Også for import er det slik at gods som går med bil på ferge har høyere verdi enn det som går på veg. Det importerte godset har imidlertid vesentlig høyere verdi enn det som eksporteres, noe som delvis kan forklare forskjellen i bruk av transportmidler.

Tabell 3.7. Fordeling på transportmidler etter varegruppe for importert gods (i mengde) i 1997. Prosent.

	Skip	Veg	Ferge	Jernbane	Annet	Sum
Stykkgoods	48 %	33 %	14 %	4 %	1 %	100 %
Tømmer, trelast	52 %	38 %	1 %	9 %	0 %	100 %
Tørr bulk	89 %	7 %	2 %	2 %	0 %	100 %
Oljeprodukter	97 %	3 %	1 %	0 %	0 %	100 %
Annet	14 %	65 %	16 %	0 %	6 %	100 %
<b>Alle varegrupper</b>	<b>79 %</b>	<b>14 %</b>	<b>4 %</b>	<b>3 %</b>	<b>0 %</b>	<b>100 %</b>

Tabell 3.8. Forholdet mellom verdi og mengde for importert gods i 1997. 1000 kroner pr tonn.

	Skip	Veg	Ferge	Jernbane	Alle transportmidler
Stykkgoods	14,9	34,2	43,3	18,1	28,4
Tømmer, trelast	0,7	1,6	6,1	1,3	1,1
Tørr bulk	1,9	12,4	20,3	4,3	3,2
Oljeprodukter	1,1	3,3	5,1	0,8	1,2
<b>Alle varegrupper</b>	<b>3,2</b>	<b>19,1</b>	<b>35,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,6</b>

### 3.4 Bruk av containere i utenriks transport

Tallene for bruk av containere bygger på utenrikshandelsstatistikken for 1997, men på en del av datamaterialet som ikke benyttes av Statistisk sentralbyrå, og som dermed heller ikke er kontrollert i samme grad som resten av statistikken. Vi tror likevel tallene gir et godt bilde av omfanget av containerbruk i utenrikshandelen. For containere har vi ikke, som i hovedstatistikken, informasjon om produksjonsfylke i eksport, kun tollsted.

Tallene viser at gods fraktet i containere utgjør 3 prosent av mengden (i tonn) både for importert og eksportert gods. Dette utgjør 0,9 millioner tonn importert gods og 1,4 millioner tonn eksportert gods. Det er store forskjeller både mellom varegrupper og transportmidler, men også regionalt. Andelen er størst over Oslo tollsted, både for eksportert og importert gods.

#### Eksport

Av eksportert stykk gods blir 13 prosent fraktet i containere, noe som utgjør 531 000 tonn. 18 prosent av stykk gods som passerer grensen på skip fraktes i containere, og 10 prosent av det som går med ferge. Av stykk gods på veg og jernbane utgjør containerandelen bare 1 prosent.

En stor andel av tømmer og trelast som blir eksportert på skip blir fraktet i containere, 20 prosent, mens svært lite tømmer og trelast blir fraktet i containere av de andre transportmidlene. Av eksportert tørrbulk blir totalt 3 prosent fraktet i containere, størst andel av det som går på ferge, 6 prosent. For oljetransport er containerandelen null.

Containerandelen varierer sterkt fra tollsted til tollsted, noe som bl a henger sammen med hvilke havner og terminaler som har investert i nødvendig utstyr (f eks kraner) til å håndtere denne typen gods, samt hvilken type gods som eksporteres fra regionen. Av stykk gods som blir eksportert over Oslo tollsted med skip går hele 65 prosent av godset i containere. For de tre andre varegruppene tømmer/trelast, bulk og olje/oljeprodukter er andelen henholdsvis 54, 33 og 36 prosent.

For landet som helhet er godset som eksporteres i containere for en stor del klassifisert i varegruppen ”varer av tre, papir, tekstil, gummi og lær”. Denne gruppen utgjør ca en tredjedel av det containeriserte godset. Andre viktige varegrupper er kunstgjødsel, plast, kjemiske og medisinske produkter, matvarer og drikkevarer, og metaller.

Tabell 3.9. Andel av eksportert godsmengde fraktet i containere i 1997. Prosent.

	Stykk gods	Tømmer og trelast	Tørr bulk	Olje og oljeprod.	Alle varegrupper
Sjø	18 %	20 %	3 %	0 %	1 %
Ferge	10 %	0 %	6 %	0 %	6 %
Veg	1 %	0 %	2 %	0 %	1 %
Jernbane	1 %	0 %	2 %	0 %	1 %
<b>Alle transp.midler</b>	<b>13 %</b>	<b>2 %</b>	<b>3 %</b>	<b>0 %</b>	<b>3 %</b>

### Import

Mens 13 prosent av eksportert stykkgoods fraktes i container er tilsvarende andel bare seks prosent for importert stykkgoods (280 000 tonn). For de andre varegruppene er containerandelene omtrent som for eksport.

En vesentlig større andel av importert gods med jernbane går i container enn det som blir eksportert med jernbane. Det gjelder 10 prosent av stykkgodset, 9 prosent av tørrbulk og 5 prosent av olje/oljeprodukter. Også stykkgoods importert på skip har en høy andel i container, 12 prosent.

Importert gods i container består for en stor del av matvarer og drikkevarer (31 prosent). Deretter følger varegruppen kjemiske og medisinske produkter og varer av tre, papir, tekstil, gummi og lær.

Tabell 3.10. Andel av importert godsmengde fraktet i container i 1997. Prosent.

	Stykkgoods	Tømmer og trelast	Tørr bulk	Olje og oljeprod.	Alle varegrupper
Sjø	12 %	1 %	3 %	0 %	3 %
Ferge	1 %	0 %	4 %	1 %	2 %
Veg	1 %	0 %	1 %	0 %	1 %
Jernbane	10 %	0 %	9 %	5 %	6 %
Alle transp.midler	6 %	1 %	3 %	0 %	3 %

### 3.5 Godsomslag i trafikkhavner

Datakilde for godsomslag i havner er Transportbrukernes Fellesorganisasjons (TFs) havneundersøkelse for 1996 (gjengitt i Madslien og Ryntveit, 1998). Tall fra 47 trafikkhavner viser et totalt godsomslag i 1996 på nesten 79 millioner tonn, når olje og gass over Mongstad og Sture holdes utenfor. Godsomslaget fordeler seg med nærmere 2/3 på import og eksport og 1/3 innenriks.

Selv når olje/gass i Bergen, Narvik havn (hovedsakelig malm fra LKAB) og Tønsberg havn (hovedsakelig oljeprodukter til/fra Slagentangen) holdes utenfor, får vi et bilde av den norske havnestrukturen som viser konsentrasjon av godsstrømmene. De fem største havnene har 50 prosent av godsmengden, mens de 14 største har 80 prosent. I denne sammenheng er det nødvendig å minne om at en del industrikaier ikke er inkludert i disse tallene, slik at oversikten gir et litt skjevt bilde.

Grenland er den klart største havnen i utenrikshandelen når vi ser bort fra transitt av malm over Narvik og olje/gass i Bergen. Med over 7,5 millioner tonn er godsomslaget nesten det dobbelte av Oslo som er nest størst. I Oslo er omlag 1/3 av godsmengdene i utenrikshandelen eksport og følgelig 2/3 i import. For Grenland er situasjonen mer balansert, med ca 55 prosent i eksport og 45 prosent i import.

Fordelingen av eksport/import viser et nokså konsentrert mønster hvor de syv største havnene står for 2/3 av godsmengden, selv når Narvik, Tønsberg og olje/gass i Bergen er holdt utenfor.



Vi finner et sammensatt bilde mht hvilke funksjoner de ulike havnene fyller. Grenland og Rana har et lokalt transportintensivt næringsliv som sitt viktigste marked, og er spesielt store i eksport/import. Oslo er den største importhavnen i Norge, med en stor andel containere, stykk gods og ferger. Bergen (ekskl olje/gass) er innenrikshavn nr 1, mens trafikken over Borg er mer sammensatt.

Tabell 3.11. Godssomslag i 47 trafikkhavner 1996. 1000 tonn.

Havn	Tot. gods	Import	Eksport	Innenriks	Prosent innenriks
Narvik	13 351	2	13 144	205	2
Grenland	9 451	3 310	4 195	1 947	21
Tønsberg	9 287	976	2 235	6 076	65
Oslo	6 753	2 560	1 612	2 581	38
Bergen og omland <sup>1)</sup>	5 217	593	1 760	2 917	55
Borg	3 679	1 389	1 063	1 228	33
Rana	3 045	1 034	1 407	604	20
Karmsund	2 616	798	372	1 446	55
Farsund	2 611	1 199	928	484	19
Stavanger	2 188	560	214	1 413	65
Kristiansand	1 827	843	557	426	23
Sør-Varanger	1 705	26	1 588	87	5
Drammen	1 543	395	165	982	64
Trondheim	1 396	308	46	1 043	75
Moss	1 151	376	404	371	32
Måløy	1 101	21	607	474	43
Eigersund	1 078	69	501	508	47
Larvik	1 065	257	739	68	6
Florø	918	234	72	677	67
Halden	907	216	427	263	29
Ålesund	883	172	194	517	59
Tromsø	802	416	21	365	45
Kristiansund	723	0	54	669	93
Mosjøen	660	291	177	192	29
Bodø	618	3	17	599	97
Sandefjord	603	422	121	60	10
Andre	3 735	539	748	1 728	
<b>Sum</b>	<b>78 912</b>	<b>17 008</b>	<b>33 367</b>	<b>27 932</b>	<b>36</b>

1) Tall for Bergen og omland er eksklusiv olje/gass

Det er en noe jevnere fordeling av godsmengdene innenriks enn til/fra utlandet. Bergen er den største havnen på innenriks gods (når vi holder Tønsberg, som hovedsakelig håndterer oljeprodukter, utenfor), med nærmere 3 millioner tonn gods (ekskl olje/gass). Syv havner har innenriks godssomslag på over 1 million tonn. Disse syv havnene har til sammen omlag 58 prosent av godssomslaget.

Oslo og Bergen er de to største havnene i “tradisjonell forstand”, dvs havner som ikke har særlig tilknytning til lokale virksomheter, men som i større grad inngår i transportkorridorer. Oslo har en stor andel knyttet til utenrikshandelen (særlig import), mens Bergen er særlig viktig innenriks og i eksport.

Andre viktige havner i transportkorridorer til/fra utlandet er Kristiansand, Larvik og til dels Borg og Moss. Kristiansand og Larvik er særlig viktig for fergetrafikken (ro-ro), mens Borg og Moss i større grad er lo-lo.

Stavanger er en viktig havn i innenriks transport, sammen med Bergen og Trondheim. Disse inngår i nettverket av havner som benyttes av kysttransporten. Her finner vi også en rekke andre mindre havner.

## 4 Nasjonal nettverksmodell for godstransport (NEMO)

Dette kapitlet beskriver den Nasjonale nettverksmodellen for godstransport (NEMO), som analysene i prosjektet baserer seg på

Arbeidet med å utvikle en egen modell for godstransport i Norge ble startet i 1994 på oppdrag fra Samferdselsdepartementet, NSB og Vegdirektoratet, og den første versjonen forelå vinteren 1997. Senere er modellen blitt testet og videreutviklet i ulike sammenhenger. I 1998 er modellen bl a brukt til å utarbeide grunnprognoser for godstransport for perioden 1996-2020.

NEMO er basert på programvaren STAN, som er utviklet ved INRO i Canada. Strukturen i STAN består av fire hovedelementer: transportnettverk, godsstrømsmatriser, kostnadsfunksjoner og utleggings-/optimaliseringsprosedyrer.

NEMO er utviklet for norske forhold, ved at bl a transportnettverk, godsstrømsmatriser og kostnadsfunksjoner for transport i Norge er etablert. Grunnlaget for arbeidet har vært omfattende bearbeiding av eksisterende data, noe ny datainnhenting, samt erfaringer fra tilsvarende modellutviklingsarbeid i andre land.

Modellen er nærmere beskrevet i Ingebrigtsen, Madslie og Sætermo (1997).

### 4.1 Hva er en nettverksmodell?

#### Generelt

I en nettverksmodell er ulike framføringsveger og deres egenskaper knyttet sammen i nettverk. Ved kjøring av modellen vil den søke løsninger som minimerer kostnadene i systemet, gitt transportetterspørselen mellom soner i nettverket. Man kan gjøre analyser av tenkte endringer i nettverket, i godsstrømsmatrisene eller i kostnadsfunksjonene. Differansen i forhold til et basisscenario er å tolke som effekten av den aktuelle endringen eller tiltaket.

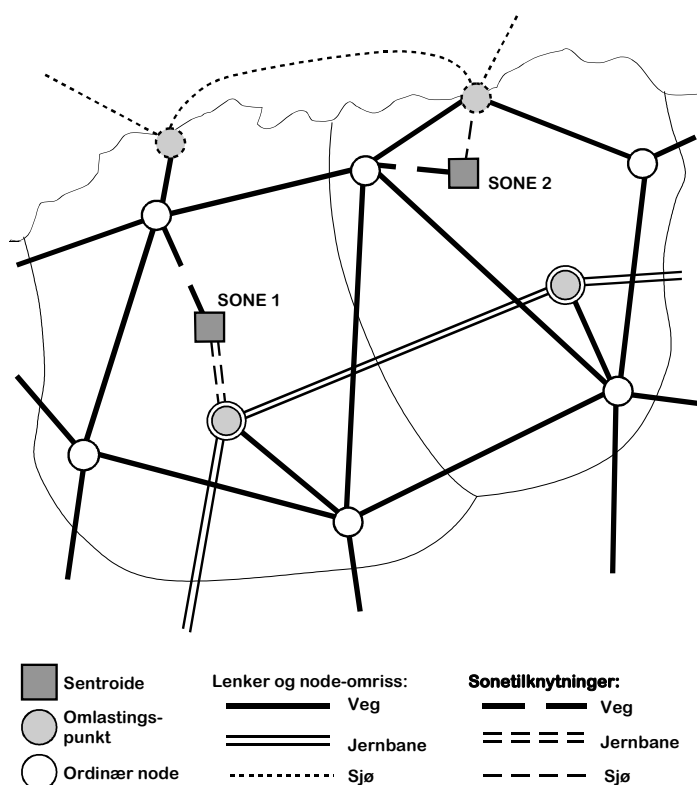
I transportnettverkene er veglenker, jernbanelenker, farleder til sjøs, havner osv innlagt, med tilknyttede egenskaper som lengde, hastighet, enhetspriser osv. Etterspørselen uttrykkes f eks som mengde gods av ulike typer som skal transporteres mellom gitte områder og kostnadene uttrykkes som funksjoner av enhetspriser, hastigheter osv.

Nettverksmodeller tar vanligvis utgangspunkt i en eller flere matriser av varestrømmer mellom par av soner i et system, og fordeler disse strømmene ut på et eller flere nettverk av lenker. Nettverk for ulike transportformer kan både betraktes som konkurrerende og som samarbeidende, ved at omlasting mellom transportmidler kan skje i visse punkter.

Avhengig av hvilke funksjoner som legges inn for fordeling mellom transportmidler og transportruter, kan en i prinsippet få fram hvordan transportstrømmene endrer seg på alle lenker og omlastningspunkter i nettverket som følge av f eks endringer i fraktrater, hastigheter, kapasitet på lenkene, osv. I en nettverksmodell får en altså på en enkel måte tatt hensyn til at en infrastrukturinvestering et sted i nettet ofte påvirker svært mange transportrelasjoner (og gjerne langt unna der som investeringen faktisk gjøres). Modellen beregner endringer i aktørenes valg av både transportmiddel og transportrute.

### Nærmere om de enkelte elementene i nettverksmodellen

Nettverket representerer infrastrukturen i det området som betraktes. Sentralt i nettverket står sentroider som angir tyngdepunktet i *sonene* som defineres. Sonene utgjør geografiske områder, som fungerer som start- og målpunkter for transport. I og med at en kun opererer med ett punkt innen hver sone, er det kun transport mellom soner som kan behandles og illustreres grafisk i en modell som dette.



Figur 4.1. Et utsnitt av et STAN-nettverk med soner, sentroider, noder, lenker og omlastningspunkter.

Basisnettverket defineres ved *noder* (vegkryss, jernbanestasjoner, havner mv) som er koordinatfestet, og *lenker* mellom nodene (vegstreknings, farleder til sjøs mv). Lenkene defineres ved fra- og tilnode, lengde, tillatt transportmiddel, hvilken *kostnadsfunksjon* som gjelder for hver varegruppe ( gjerne sammensatt som en generalisert kostnad) mv.

Et *omlastningspunkt* (transfer) mellom transportmåter er gitt ved en spesifisering av overgangsnoder, inngående lenke, utgående lenke og en kostnadsfunksjon. I praksis tenker vi vanligvis på dette som terminaler (jernbanestasjoner, havner mv). Figur 4.1 viser et utsnitt av et nettverk med soner, sentroider, noder, lenker og omlastningspunkter.

En *varegruppe* (produkt) kan være et enkelt vareslag eller flere vareslag gruppert, som det er forbundet transportstrømmer med. *Kjøretøytyper* er definert som lovlige kombinasjoner av transportmidler og varegrupper.

*Matrisene* inneholder data om ulike forhold mellom sonene i nettverket. Den vanligste formen for matriser er de såkalte Origin-Destination (OD) matrisene, dvs matriser over transportstrømmer f eks for ulike varegrupper og/eller transportmidler.

## 4.2 Nettverket i NEMO

Soneinndelingen i NEMO er basert på kommunene i Norge, dvs hver kommune er én sone. Vi har valgt å geografisk plassere sentroiden eller godstygdepunktet i kommunesenteret. Med hensyn til datatilgjengelighet er det viktig med en soneinndeling som er tilpasset de samme administrative inndelinger som benyttes for å etablere statistikk om transport, befolkning og næringsstruktur.

Vegnettet i NEMO er basert på utkjøringer fra Vegdatabanken i 1993, og er delvis oppdatert siden da. På lenkene ligger informasjon om lengde, skiltet hastighet, bompenger, fergedata mv. I tillegg er nettet utvidet til å omfatte de vanligste kjørerutene gjennom Sverige og Finland for transport mellom Nord- og Sør-Norge.

Jernbanenetttverket er basert på et nettverk som tidligere er etablert for persontransport, men antall stasjoner er redusert til et 40-talls som er av betydning for godstransport. Vi har også lagt inn «Arctic Rail Express» (ARE) fra Narvik til Oslo gjennom Sverige.

Sjøtransport er i prinsippet ikke bundet til å følge faste ruter. Det er derfor etablert et nettverk for løsfart på sjø, dvs et system hvor det er mulig å foreta direkte sjøtransporter mellom alle havnene i systemet. I praksis vil det imidlertid være et sett med farleder som utgjør de mest vanlige rutevalg ved seiling langs kysten og i fjordene. Et nettverk er en forenklet beskrivelse av mulige seilingsleder. Det ble definert en havn i hver kystkommune. Fra disse ble det plukket ut 169 havner som hadde godsomslag av en viss betydning. De konkrete godsrutene i innenriks sjøfart er ikke eksplisitt lagt inn i modellen, men inngår noe forenklet ved at en har lagt inn ulike frekvens i de ulike havner. Den kanadiske leverandøren av modellsystemet jobber imidlertid med å utvikle en modul for å håndtere rute- og linjefarten på en bedre måte.

For at godset skal kunne sendes mellom kommuner og omlastes underveis i transportsystemet, må de tre nettverkene bindes sammen, omlastningspunkter defineres og nettverkene knyttes til sonesentrum (sentroidene). Tilknytningslenker er lenker som knytter sentroidene til det ordinære lenkesystemet eller som forbinder noder i to ulike nettverk, f eks vegnett og jernbanenett. For at det skal være mulig å laste om godset mellom ulike transportmidler må det i tillegg til tilknytningslenken defineres en omlastingsmulighet som angir at det er tillatt å bytte transportmiddel fra f eks lastebil til jernbane i den aktuelle jernbaneterminalen. Både for jernbane- og sjøtransport vil det i de fleste tilfeller være snakk om omlasting til eller fra bil. I enkelte tilfeller vil det også være mulig med omlasting av gods mellom skip og jernbane. Alle havner, samt de 45 jernbanestasjonene som NSB ønsket inkludert i modellen, er definert som mulige omlastningspunkter.

Omlasting og transport mellom bedrift og ekspedisjonssted/kai innebærer ekstra kostnader som må inkluderes i de totale kostnadene for godstransporten. I praksis er det imidlertid ikke nødvendig med omlasting mellom transportmidler for alt gods som skal på sjø eller bane. Dette skyldes at endel større bedrifter enten har sidespor for jernbane eller er slik plassert at godset kan lastes eller losses direkte mellom skip og bedrift. Godset trenger dermed ikke opplesing på lastebil. I grove trekk er slike forhold lagt inn i modellen ved at det for noen kommuner er etablert direkte lenker mellom sentroiden og jernbanenettet og/eller sjønettet.

### 4.3 Transportstrømmer i NEMO

Den underliggende årsaken til å dele godset inn i varegrupper er at en ønsker å få frem at ulike varer i praksis møter ulike transportkostnader og at de ulike transportmidlene i varierende grad tilfredsstillende krav gods i den enkelte varegruppe stiller til transporten. I teorien tilsier dette en svært detaljert varegruppeinndeling. Samtidig må en ta hensyn til at det for hver varegruppe må etableres en egen OD-matrise, data til transportmiddelspesifikke kalibreringsformål, samt et eget sett med kostnadsfunksjoner for lenker og terminaler. Datatilgjengelighet vil i mange tilfeller begrense antall varegrupper. Særlig er det vanskelig å etablere OD-matriser og skaffe transportmiddelspesifikke kalibreringsdata for hver varegruppe.

Vi har i modellen valgt å operere med følgende fire varegrupper:

1. Stykkgoods
2. Tømmer og trelast
3. Tørr bulk
4. Olje- og oljeprodukter

I gruppen ”tømmer og trelast” inngår foruten tømmer og trelast også ved og kork, mens varegruppen ”olje- og oljeprodukter” omfatter råolje, bensin og andre mineraloljeprodukter, tjære og asfalt mv. ”Tørr bulk” omfatter alle andre bulkvarer, mens stykkgoods inkluderer alle varegrupper som ikke er nevnt i de andre beskrivelsene. En detaljert beskrivelse av de fire varegruppene er vist i vedlegg 1.

Denne grove inndelingen av godset i fire grupper er benyttet i mange sammenhenger ved TØI. Det er en gruppering som ofte fremstår som nyttig og interessant, bl a fordi disse varegruppene skiller seg i betydelig grad fra hverandre med hensyn til transportlengde, transportmiddel, lastvekt mv, og dermed også kostnadsnivå knyttet til lenker og terminaler. Dessuten lar denne grupperingen seg avlede av andre mer detaljerte varegrupperinger som benyttes i offentlig statistikk. Vi ser imidlertid at en slik firedeling er for grov i en del sammenhenger, og vil fremover jobbe med å finne alternativer til denne. Bl a bør containere komme inn som en egen ”varegruppe”, hvor det er enheten ”container” som er avgjørende for transportomfang og kostnader, og ikke hvilket vareslag eller hvor mange tonn som er inne i den.

De tilsynelatende beste datakildene for etablering av godsstrømsmatriser er Statistisk sentralbyrås såkalte Lastebiltellinger og Sjøfartstellinge. Slike utvalgstellinge kan imidlertid ikke gi det sanne OD-mønsteret, ettersom de omfatter kun ett transportmiddel. Matriser basert på tellingene sier imidlertid mye om hvor godsstrømmene går. Det samme gjelder informasjon om antall tonn transportert mellom terminaler i jernbanenettet.

For å få mer kunnskap om det ”sanne” OD-mønster har vi derfor også estimert verdier for kolonnesummer og radsummer i hver av de fire OD-matrisen, dvs totale godsstrømmer inn, ut og internt i kommunene. Disse baserer seg i første rekke på offentlig statistikk over produksjon og konsum i kommunene, som industristatistikk, varehandelsstatistikk og statistikk for primærnæringene. Rad- og kolonne-sommene er benyttet til å korrigere de opprinnelige matrisene som var basert på tellinge og stasjon-til-stasjonsmønster. Dette ble gjort ved bruk av matrisebalanseringsrutiner i programvaren STAN.

#### 4.4 Kostnadsfunksjoner i NEMO

Programvaren STAN krever at en for hver varegruppe legger inn kostnadsfunksjoner på hver eneste lenke og hvert eneste omlastningspunkt i nettverket. Kostnadsfunksjonene bør være slik at de ved modellkjøring fører til en ”riktig” fordeling av gods på transportmidler og transportruter, samt at de gjenspeiler det faktiske nivået på totale transportkostnader. En viktig faktor for å lykkes med en modell som NEMO, er at en klarer å bygge opp funksjoner som fordeler godsmengdene mellom de ulike transportmidlene på en måte som både gjenspeiler dagens situasjon og som gir rimelige endringer i transportmiddelfordelingen ved en endring i tilbudet for ett eller flere av transportmidlene.

Kostnadene angis pr tonn, og er hos oss gitt som en generalisert kostnad bestående av summen av transportkostnader (fraktpris) og transporttid (eg tidskostnader). En kan også velge å inkludere annen informasjon om et transportmiddel eller lenke, f eks ulike kvalitetsparametre som pålitelighet, skaderisiko etc. Dette er elementer som en vet er av betydning ved valg av transportløsning, men som en dessverre har lite data for.

Det kan diskuteres om en skal estimere funksjoner med utgangspunkt i transportørens kostnad eller den prisen vareeier betaler for transporten. Vi har tatt utgangspunkt i prisene vareeier betaler for transporten. Modellen vil da minimere vareeierens transportkostnader, dvs de bedriftsøkonomiske kostnadene. Begrunnelsen for å velge funksjoner basert på pris er bl a at det er mulig å estimere slike funksjoner basert på Lastebil- og Sjøfartstellingene. For hver sending inneholder disse tellingene informasjon om fraktpriis, dvs beløpet vareeier betaler, sendingsvekt, transportlengde mv.

### Fraktpriisfunksjoner for hvert transportmiddel og varegruppe

På grunnlag av utvalgstellingene for lastebil og sjøtransport er fraktpriisfunksjoner (kr pr tonn) estimert. Kostnadsfunksjonene er noe endret sammenlignet med den første versjonen av modellen, og er vist i tabell 4.1:

Tabell 4.1. Fraktpriisfunksjoner i NEMO etter varegruppe og transportmiddel [kr pr tonn].

Varegruppe	Vegtransport	Sjøtransport	Jernbanetransport <sup>1</sup>
Stykkgoods	93,13+1,24*km	316,22+0,33*km	200+0,56*km
Tømmer	35,68+0,34*km	25,71+0,08*km	50+0,09*km
Tørr bulk	49,25+0,52*km	20,28+0,11*km	70+0,26*km
Oljeprodukter	35,86+0,87*km	30,07*0,23*km	80+0,42*km

<sup>1</sup> Priisfunksjonene er ikke basert på reelle priiser for jernbanetransport.

For vegtransport gjennom Sverige mellom Nord-Norge og Sør-Norge er det benyttet et noe lavere kilometerledd (kr pr km), basert på at dette er svært lange transporter.

For stykkgoods på sjø er transportpriisen beregnet som et vektet gjennomsnitt av en funksjon som er beregnet for løsfart (basert på Sjøfartstellingen 1993) og frakttabeller for rutefart (hvor en rabatt er lagt inn da tabellen sjelden viser den reelle priisen for godssendinger av en viss størrelse eller regelmessighet).

Det har til nå vært vanskelig å skaffe gode data om priiser for godstransport på jernbane, da dette betraktes som konfidensielle opplysninger hos NSB. Vi har derfor etablert et sett kostnadsfunksjoner som delvis er basert på eksisterende kunnskap, delvis innkalibrert slik at totale godsmengder og transportomfang stemmer på grovt nivå.

### Vareeiers tidskostnader for hver varegruppe

For at kostnadsfunksjonene i modellen skal fordele godset mellom transportmidler og ruter på en god måte, bør den generaliserte kostnadsfunksjonen inneholde alle faktorer som er viktige for valg av transportmiddel og rute. Tidskostnader er en viktig faktor å inkludere i en slik funksjon. Det er rimelig å anta at priisfunksjonene diskutert i forrige avsnitt dekker transportørens tidskostnader, men at vareeiers tidskostnader ikke er dekket av transportpriisen.



Tidsverdiene vi benytter i modellen er beregnet med utgangspunkt i svenske tidsverdier pr tonn gods for hvert av transportmidlene (Lundin, 1995). Disse verdiene, samt de ulike varegruppenes andel på ulike transportmidler i Norge, er så benyttet for å beregne en tidsverdi for hver av varegruppene. Resultatene er presentert i tabell 4.2:

Tabell 4.2. Beregnede tidsverdier for vareeier etter  
varegruppe [kr/tonn og time].

Varegruppe	Tidsverdi
Stykkogods	2,98
Tømmer	2,18
Tørr bulk	1,97
Oljeprodukter	0,64

Tidskostnadene beregnes ved å multiplisere tidsverdien med tiden det tar å forserer lenker og omlastningspunkt. Tidsbruken på ordinære lenker blir beregnet fra transportmiddelets hastighet, mens tidsbruken knyttet til tilknytningslenker og omlastningspunkter, dvs tidsbruken knyttet til lasting/lossing og omlasting, er beregnet fra Lastebiltellingens registreringer av total laste- og lossetid. Fra denne får vi følgende tidsbruk knyttet til lasting eller lossing:

- Stykkogods: 5,6 min pr tonn
- Tømmer/trelast: 1,3 min pr tonn
- Tørr bulk: 1,6 min pr tonn
- Olje- og oljeprodukter: 1,9 min pr tonn

I mangel av kunnskap om tilsvarende tall for jernbane- og sjø, har vi valgt å benytte de ovenstående også for disse transportmidlene.

I tillegg til tidskostnadene knyttet til lasting/lossing og omlasting, er det lagt til et ekstra kostnadsledd på lenker inn til havner og jernbaneterminaler som et uttrykk for ventetid knyttet til frekvens i rutetransporten. For rutetransport på sjø er dette beregnet med utgangspunkt i informasjon om ukentlige anløp i trafikkhavnene. Det er forutsatt at transportørene gjør en viss tilpasning i forhold til avgangstidene. For jernbanen er en tilsvarende forutsetning gjort.

## 4.5 Kalibrering

En kalibrert modell skal gjengi dagens situasjon på en tilfredsstillende måte. For en nettverksmodell betyr dette at den modellberegnete belastningen av gods på lenker og omlastningspunkter stemmer overens med observerte data. Det eksisterer imidlertid lite informasjon om hvor mye gods som transporteres og omlastes på gitte enkeltstrekninger og terminaler. Det beste datagrunnlaget er trolig vegtrafikktegninger, fergestatistikk og noe havnestatistikk. Problemet med mye av statistikken er imidlertid at den ikke skiller mellom innenriks og utenriks godstransport. Unntaket her er en havneundersøkelse fra 1996 utført av TF (Transportbrukernes Fellesorganisasjon). Hovedresultater fra denne er vist i avsnitt 3.5.

Vi har i løpet av 1998 kalibrert modellen på nytt med utgangspunkt i at OD-matrisene først da ble endelig balansert og ferdigstilt. Ved kalibreringen har vi tatt hensyn til nasjonale tall for transportarbeid med ulike transportmidler, samt mer detaljert informasjon om godsomslag i havner, jernbaneterminaler, tellepunkter på veg etc.

Tallene for transportarbeid fra modellen vil ikke være direkte sammenlignbare med offisiell statistikk. Dette har først og fremst sammenheng med at modellen ikke inkluderer kommuneinterne transporter (som utgjør en stor andel av vegtransporten).

## 5 Analysescenarier

Formålet med analysene som gjøres i prosjektet er bl a å illustrere de transportmessige virkningene av endret tilbud i norsk kystfart. Primært har vi studert virkningene i form av nye transportløsninger og endringer i transportarbeidet med ulike transportmidler.

Med tilbudet i norsk kystfart tenker vi f eks på infrastruktur når det gjelder havner, rutetilbudet langs kysten, samt størrelse og standard på skipsflåten. Utviklingen for norsk kystfart vil også være avhengig av transportnæringens rammebetingelser, endringer i tilbudet fra de andre transportsektorene og generelle utviklingstrekk i næringslivet. Kvalitetskrav fra transportbrukerne og varesammensetning i fremtiden er andre forhold som vil være av betydning for utviklingen.

Scenariene vi har valgt å analysere beskriver i større eller mindre grad en sannsynlig framtid for kystfarten og de andre transportsektorene. For at den nasjonale nettverksmodellen for godstransport (NEMO) skal være et egnet analyseverktøy, har det vært nødvendig å definere scenarier der endringer i transporttilbud eller rammebetingelser er av en viss størrelse.

Analyseverktøyet NEMO ble beskrevet i kapittel 4. Data over godsmengder og infrastruktur for ca 1996 benyttes som utgangspunkt for analysene (basisscenario). I dette kapitlet gis en oversikt over bakgrunnen for de ulike scenariene som er analysert i prosjektet, mens resultatene fra analysene presenteres i kapittel 7.

Ved utvikling av scenariene er det tatt utgangspunkt i fem hovedproblemstillinger:

1. Miljøavgifter
2. Videre vegutbygging
3. Endret tilbud i sjøtransporten
4. Endret varesammensetning
5. Endrede krav fra transportbrukerne

### 5.1 Miljøavgifter

Ytterligere innføring av miljøavgifter kan ta utgangspunkt i ulike mulige framtidige krav til transportsektoren, og kan gjelde forskjellige typer utslipp. Sentralt står CO<sub>2</sub>-utslipp, der transportsektoren står for drøyt 30 prosent av utslippene i Norge (Holtskog og Rypdal, 1997). Andre aktuelle tiltak på miljøsidan som har betydning for sjøfarten er krav til for eksempel NO<sub>x</sub>-utslipp (jfr TØI-rapport 155/1992: *Konsekvenser av krav til NO<sub>x</sub>-utslipp i innenriks sjøfart*), som kan føre til at de eldste fartøyene må tas ut av innenriks sjøfart.

”Grønn skattekommisjon” (NOU 1996:9) gir føringer til en omlegging av beskatningssystemet for skipsfarten mot beskatning basert på miljødifferensiering. Det er

også et generelt ønske fra norske myndigheter om å vurdere incentiver som ytterligere stimulerer miljøvennlig atferd innen skipsfarten. I denne forbindelse har Miljøverndepartementet tatt initiativ til å etablere et system for miljødifferensiering av avgifter for skipsfarten. Det Norske Veritas har i samarbeid med Marintek utarbeidet et system for miljødifferensiering av skip på oppdrag fra Sjøfartsdirektoratet (DNV Technical Report 97-0212: *Miljødifferensierte avgifter for skipsfarten*). Det er imidlertid ikke utarbeidet forslag til avgifter eller rabatter basert på dette systemet, og vi har derfor ikke utarbeidet konkrete scenarier i den tilknytning. Mer informasjon om miljøproblematikk knyttet til kystfarten finnes ellers i kapittel 9.

Da avgifter knyttet til CO<sub>2</sub>-utslipp foreløpig har vært mest i fokus, har vi valgt å konsentrere analysene om tre ulike scenarier for fremtidige CO<sub>2</sub>-avgifter. I dag er vegtransporten den transportformen som betaler mest i drivstoffavgifter. Den ordinære dieselavgiften (basisavgiften) utgjør størsteparten av avgiften på diesel. Denne avgiften ilegges vegtransport, men er unntatt for godstransport på sjø og dieseldrevet jernbane. I tillegg kommer CO<sub>2</sub>-avgiften (44,5 øre pr liter diesel i 1998), og en avgift avhengig av svovelinnholdet i dieselen. Disse to avgiftene pålegges også dieseldrevet jernbane, mens sjøtransporten av konkurransehensyn er fritatt fra CO<sub>2</sub>-avgiften. Fra 1. januar 1999 innføres imidlertid en CO<sub>2</sub>-avgift på 26 øre pr liter drivstoff for innenriks godstransport på sjø, mens avgiften for andre transportformer øker med 1,5 øre pr liter drivstoff. Våre beregninger tar utgangspunkt i avgiftsnivået i 1998.

### **Langtidsprogrammets basialternativ med klimaavtale**

Grunnprognosene for godstransport som TØI har utført for Samferdselsdepartementet (Madslie m fl, 1998) bygger på de økonomiske forutsetningene som er gitt i Langtidsprogrammets (1998-2001) basialternativ med klimaavtale.

Det er i Langtidsprogrammet lagt til grunn at det oppnås enighet om en internasjonal klimaavtale som stabiliserer verdens utslipp av klimagassen CO<sub>2</sub> på 1990-nivå. Dette er omtrent samme krav som ligger i Kyoto-avtalen (1 prosent økning fra 1990-nivå i Norge). Det er forutsatt at alle CO<sub>2</sub>-utslipp i alle land pålegges en generell CO<sub>2</sub>-avgift på 360 1997-kroner pr tonn utslipp fra og med 2010 (ca 96 øre pr liter drivstoff), og at denne avgiften legges på toppen av eksisterende avgifter (i 1998 betaler transport på veg og jernbane (diesel) 168 kr pr tonn CO<sub>2</sub>). I Langtidsprogrammet er det videre lagt til grunn at en slik økning i CO<sub>2</sub>-avgiften fører til et fall i produsentprisen på råolje fra 115 til 95 1997-kroner pr fat. Det er også lagt til grunn at den internasjonale CO<sub>2</sub>-avgiften fører til en økning i elektrisitetsprisen på vel 10 øre pr kWh.

I grunnprognosene ble det forutsatt at hele kostnadsøkningen for transportørene på grunn av CO<sub>2</sub>-avgiften, fallet i råoljeprisen, samt økningen i elektrisitetsprisen, overføres til transportkjøper gjennom en økning i transportprisen. Tall for drivstofforbruk og utslipp fra Statistisk sentralbyrå ble brukt til å beregne hvordan endringer i drivstoffprisen vil påvirke transportprisen pr tonnkilometer. Det er tatt utgangspunkt i typiske kjøretøystørrelser og skipsstørrelser for den enkelte varegruppe.

Hvor mye transportkostnadene øker pr tonnkilometer, varierer både mellom transportmidlene og mellom varegruppene. Generelt kan en si at prisen pr tonnkilometer øker mest for vegtransport, deretter kommer sjøtransport, mens jernbanetransport påvirkes minst. Størst relativ virkning får en for varegrupper hvor transportprisen pr tonnkilometer i utgangspunktet var lav.

Det ble i beregningene ikke tatt hensyn til eventuelle teknologiske forbedringer som kan føre til lavere drivstofforbruk og ved det lavere CO<sub>2</sub>-utslipp.

Scenario 1a bygger på disse beregningene som allerede er foretatt, men vi beregner nå effekten av en slik avgift i dagens situasjon, ikke fra år 2010 som forutsatt i Langtidsprogrammet.

- *Scenario 1a:* CO<sub>2</sub>-avgift som i Langtidsprogrammets basisalternativ med klimaavtale: 360 1997-kroner pr tonn CO<sub>2</sub> for alle transportmidler (i tillegg til eksisterende avgifter).

### **CO<sub>2</sub>-avgifter basert på Stortingsmeldingen etter Kyoto-avtalen**

Stortingsmeldingen i etterkant av Kyoto-avtalen foreslår at det fra 1999 innføres en avgift på 100 kr pr tonn CO<sub>2</sub> (ca 27 øre pr liter drivstoff) i sektorer som har lavere eller ingen CO<sub>2</sub>-avgift i dag. Både transport på veg og jernbane (diesel) har i dag (1998) høyere avgifter, henholdsvis 384 kr pr tonn CO<sub>2</sub> for bensindrevne kjøretøyer og 168 kr pr tonn for dieseldrevne. Derimot vil avgiften være ny for godstransport på sjø. For sjøfarten innføres imidlertid en avgift omtrent på dette nivået fra 1. januar 1999.

- *Scenario 1b:* CO<sub>2</sub>-avgifter som foreslått i stortingsmelding etter Kyoto-avtalen med differensierte avgifter for ulike transportmidler (100 kroner pr tonn på sjø, dagens avgift for veg- og jernbanetransport).

### **Høyere CO<sub>2</sub>-avgift**

I en artikkel i The Energy Journal nr 4 1997 tar de norske økonomene Elin Berg, Snorre Kverndokk og Knut Einar Rosendahl opp spørsmålet om virkningen av en internasjonal CO<sub>2</sub>-avgift på 90 dollar pr tonn CO<sub>2</sub>, eller ca 650 kroner (ca 1,73 kr pr liter drivstoff). De sier at et slikt nivå er omtrent midt på treet av det som har blitt diskutert politisk og vitenskapelig. I scenariene som ble studert i denne artikkelen bidro denne avgiften til et utslipp som ligger mer enn 20 prosent lavere enn det ellers ville gjort 40-50 år fram i tida.

I og med at Langtidsprogrammets avgift på 360 1997-kroner pr tonn av mange anses å være svært lav, velger vi også å gjøre en analyse av en CO<sub>2</sub>-avgift på dette nivået.

- *Scenario 1c:* Høy CO<sub>2</sub>-avgift for alle transportmidler: 650 1997-kroner pr tonn, lik for alle transportmidlene.

## 5.2 Omfattende vegutbygging

Mange mener at vridningen vi har sett de siste årene fra sjø- og jernbanetransport over på vegtransport blant annet henger sammen med et bedret tilbud på vegsiden. Dette gjelder både økt standard på eksisterende vegnett og bedre framkommelighet ved bygging av fergefrie forbindelser og tunneler. I NEMO kan slike utviklingstrekk studeres ved å legge inn kortere lengde eller høyere hastighet på ønskede vegstrekninger, eller ved å erstatte enkelte fergeforbindelser med vanlige veglenker.

Som eksempel på mulige effekter av investeringer i vegnettet har vi valgt å gjøre et par analyser i tilknytning til kyststamvegen Kristiansand-Trondheim. Det er nok lite sannsynlig at en på kort sikt får et fergefritt tilbud på denne strekningen, mens alternativet med 6 fergestrekninger (dvs tre fergeavløsninger i forhold til dagens situasjon) er mer sannsynlig. Vi har likevel valgt å gjøre beregninger for begge disse alternativene.

I begge scenariene har vi kun sett på den delen av utbyggingsplanene som erstatter ferger med fast vegforbindelse, dvs at vi *ikke har tatt hensyn til planer om standardheving i vegnettet ellers* (som er et vesentlig element i planene om bygging av kyststamvegen). Vi har dermed ikke på langt nær tatt hensyn til de tidsgevinstene på strekningen som er anslått i plangrunnlaget for kyststamvegen (5 timers innsparing i tilfellet med 6 ferger og 7-8,5 timer i et fergefritt alternativ, ifølge St meld nr 21 (1994-95)). I våre scenarier er tidsgevinstene i intervallet 1,5-5 timer, og beregningene må derfor *ikke* betraktes som en fullstendig analyse av effektene av en fullt utbygd kyststamveg.

- *Scenario 2a:* Kyststamveg med 6 ferger på strekningen Kristiansand-Trondheim (mot 9 i dag). Fergestrekningene Stord-Sveio, Anda-Lote og Folkestad-Volda avløses av vegsamband.
- *Scenario 2b:* Fergefri kyststamveg fra Kristiansand til Trondheim.

## 5.3 Endret tilbud i sjøfarten

### Antall havner

For å gjøre noen grove analyser av hvilke konsekvenser et endret tilbud i sjøfarten har for godstransporten i Norge, har vi tatt utgangspunkt i tre ulike problemstillinger. Det første scenariet dreier seg om sjøfartens tilbud i form av antall havner i Norge. Dette kan f.eks ses som et ledd i en strategi for å samle gods i transportkorridorer og havner for å øke effektiviteten og legge til rette for et bedre tilbud i et mindre antall havner enn i dag.

I 1997 ble det lagt fram en stortingsmelding om havner og infrastruktur for sjøtransport – St.meld. nr 46 (1996-97). Utvikling av effektive havner er nevnt som en av hovedutfordringene i stortingsmeldingen. For sjøtransporten er det nødvendig med et tilstrekkelig godsvolum i en havn for at det skal kunne etableres og opprettholdes et transporttilbud som tilfredsstiller næringslivets krav.

Fra statlig hold har det vært lagt opp til en inndeling eller klassifisering av havnene, ut fra deres funksjon og betydning. I St.meld. nr 46 er det lagt opp til en klassifisering i nasjonale og regionale havner. De nasjonale havnene er havner som har stor betydning som knutepunkt mellom sjøverts og landverts transport til og fra utlandet og i innenlands transport. I meldingen ble åtte havner utpekt som nasjonale havner; Oslo, Grenland, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim, Bodø og Tromsø. Viktige prioriteringer for de nasjonale havnene vil være å bedre tilknytningen mellom havnene og det landbaserte transportnettet. Det vil også være viktig at havnene får tilgang til nok landareal slik at det kan sikres en effektiv godshåndtering.

De regionale havnene skal være knutepunkt for regional samferdsel og næringsaktivitet. Så langt er det utpekt seks regionale havner; Larvik, Ålesund, Sandnessjøen, Harstad, Hammerfest og Kirkenes. Fiskeridepartementet vil imidlertid fortsette prosessen og utpeke ytterligere regionale havner.

Ved oppbyggingen av NEMO ble det i utgangspunktet definert en havn i de fleste kystkommuner. Fra disse ble det plukket ut 169 havner som hadde godsomslag av en viss betydning. I dette scenariet har vi valgt å ”stenge” alle havner unntatt de åtte nasjonale, noe som selvfølgelig betyr en reduksjon i havnetilbudet som absolutt ikke er realistisk. Havner ”nedlegges” ikke uten videre i praksis, men eksisterer så lenge etterspørselen er tilstede. I tillegg er det slik at en del bulktransporter til og fra sjøkantlokalisert industri vil foregå relativt uavhengig av antall og struktur i trafikkhavnene.

Vi har likevel valgt et slikt scenario for å illustrere hvilken betydning sjøfarten har for innenlands godstransport, og hvilke konsekvenser en slik situasjon får for miljøkostnader og belastning på vegnettet.

- *Scenario 3a:* Alle havner bortsett fra de åtte nasjonale havnene (Oslo, Grenland, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim, Bodø og Tromsø) ”legges ned”.

### **Endring framføringshastighet**

Det dukker iblant opp nye hurtiggående tilbud i sjøtransporten som skal ta opp kampen med raskere transportmidler som bil og bane. Disse har imidlertid ofte fått problemer med regulariteten, bl a fordi oppsatt hastighet ikke kan holdes i dårlig vær. I tillegg øker drivstofforbruket kraftig ved øket hastighet.

Vi har ønsket å studere hvordan relativt beskjedne endringer i transporttid eller framføringshastighet i sjøtransporten kan tenkes å påvirke bruken av sjøtransport. For å forenkle beregningen har vi forutsatt at drivstofforbruket ikke endres som følge av hastighetsendringen.

- *Scenario 3b:* Framføringshastigheten på sjø justeres ned med 10 prosent i forhold til i basisscenariet.
- *Scenario 3c:* Framføringshastigheten på sjø justeres opp med 10 prosent i forhold til i basisscenariet.

### **Kun bulkprodukter fraktes med båt**

Lav utskifningstakt som medfører økt gjennomsnittsalder på kystflåten, kombinert med innføring av strengere regler når det gjelder f eks miljøutslipp, vil også kunne føre til en reduksjon i tallet på fartøyer i drift. Dette har vi studert ved å se på et scenario der kapasiteten i sjøfartstilbudet begrenses til kun bulkprodukter.

- *Scenario 3d:* Varegruppene stykkgoods og tømmer og trelast forutsettes transportert med bil eller tog. Kun bulkprodukter tillates å gå med båt.

## **5.4 Endring i varesammensetning**

Slik NEMO er bygd opp i dag inndeles godset i fire varegrupper; stykkgoods, tømmer og trelast, tørrbulk og olje/oljeprodukter. Det er estimert transport- og omlastningskostnader for hver kombinasjon av varegruppe og transportmiddel (veg, bane, sjø). Stykkgoods har de desidert høyeste kostnadene.

Utviklingstrekk tyder på at en del av de tradisjonelle bulklastene brytes opp i mindre og hyppigere forsendelser, blant annet ved økt bruk av containere. En tenkelig utvikling i godstransporten er en dreining fra større partilaster over mot mindre enheter med terminalbehandlet stykkgoods. For å gi et grovt bilde av hvordan transportbildet endres ved denne utviklingen, har vi studert et scenario der 20 prosent av dagens bulktransport overføres til stykkgoodsgruppen (som stiller andre krav til transportkvalitet mv).

- *Scenario 4:* "Overføring" av 20 prosent av dagens bulktransporter til stykkgoods.

## **5.5 Endrede krav fra transportkjøpere**

Et endret forbruksmønster med mer krevende kunder og økt internasjonal handel og konkurranse, har vært drivkrefter for endrede produksjons- og distribusjonsløsninger i næringslivet. Det handler f eks om mer ordrestyrt produksjon, at varer på lager holdes på et minimum, kundestyrt sendingsstørrelser og nøyaktige leveringstidspunkter. Krav fra transportbrukerne går derfor stadig mer i retning av mindre og hyppigere transporter, nøyaktige leveringstidspunkt, høyere framføringshastighet og sikkerhet.

Disse momentene er sannsynligvis en viktig årsak til sjøtransportens tap av markedsandeler til vegtransport de siste årene, og vil også være med på å stille høyere krav til sjøtransporten i årene framover.

For å legge til rette for effektive transporter er det viktig å se på hele kjeden fra produsent og helt fram til sluttlevering. Ved godstransport på sjø er bestemmelsesstedet ofte utenfor havna, og transporten foregår ofte med bil eller bane på deler av strekningen. Det er derfor viktig at havnene har tilfredsstillende veg- og jernbanetilknytning og blir utviklet slik at de kan fungere som effektive omlastingsterminaler. I tillegg må det være et tilstrekkelig transporttilbud som tilfredsstillende de kravene som næringslivet stiller. I dette scenariet har vi sett på hvordan



Økt frekvens i rutetilbudet i havnene kan påvirke valg av transportmidler og transportstrømmer.

Frekvens i rutetransporten er håndtert svært forenklet i NEMO, ved at det legges til et kostnadsledd for ventetid i havn, basert på frekvensen i rutetilbudet. Tilsvarende metodikk er tidligere benyttet i EU-prosjektet STEMM (Strategic European Multimodal Modelling) (VTT, 1998).

I modellen er frekvenselementet implementert ved å legge til et ekstra ledd i tidskostnadene. For alle trafikkhavnene er antall anløp pr uke lagt inn som en egen parameter. En slags ”gjennomsnittlig ventetid” i havnen beregnes, og multipliseres med tidsverdien for den aktuelle varegruppe. Det forutsettes at transportører gjør en viss tilpasning i forhold til avgangstidene.

- *Scenario 5a*: Doblet frekvens i rutetransporten til og fra de nasjonale havnene.
- *Scenario 5b*: Doblet frekvens i rutetransporten til og fra alle havner som har rutegående trafikk.

## 6 Samfunnsøkonomiske kostnader

### 6.1 Nyttekostnadsanalyser

En nyttekostnadsanalyse er en lønnsomhetskalkyle som søker å kvantifisere alle nytteeffekter og kostnader av å gjennomføre et prosjekt, sett fra en samfunnsmessig synsvinkel, og veie dem sammen til én felles verdienhet, kroner. Nyttekostnadsanalyser skiller seg fra bedriftsøkonomiske kostnadskalkyler ved at de også inkluderer kostnader og gevinster som oppstår i andre bedrifter, hos private konsumenter og for det offentlige. Det vil derfor i de fleste tilfeller oppstå et avvik mellom samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomhet.

I analysene knyttet til dette prosjektet ser vi ikke primært på investeringer i nye prosjekter (f eks infrastrukturprosjekter). Våre økonomiske analyser er derfor ikke nyttekostnadsanalyser for å vurdere om et prosjekt bør gjennomføres eller ikke. I stedet sammenligner vi noen av de samfunnsøkonomiske kostnadselementene knyttet til innenlands godstransport i de ulike scenariene.

På kostnadssiden trekkes inn vareeiers frakt- og tidskostnader, kostnader knyttet til slitasje på infrastruktur, samt eksterne kostnader ved ulykker, støy og utslipp til luft. Statens inntekter fra avgifter på transport varierer med endringer i transportmiddelfordelingen, og dette er tatt med på inntektssiden.

I hvert scenario blir de beregnede kostnadene sammenlignet med basisalternativet, som er en så god tilnærming som mulig til situasjonen i dag, dvs med infrastruktur, transportmiddelfordeling og fraktkostnader omtrent som i dag. Endringen i samfunnsøkonomiske kostnader slik det er beregnet for hvert enkelt scenario vil dermed være et grovt uttrykk for hvordan tiltakene i det aktuelle scenariet påvirker de samfunnsøkonomiske kostnadene ved innenlands godstransport i Norge. Vi vil imidlertid sterkt påpeke at det er mange utelatte elementer som kan påvirke resultatet, jfr diskusjonen i avsnitt 6.2.

Enhetskostnadene som er benyttet for de ulike kostnadskomponentene er marginalkostnader. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til verdsettingen av de enkelte elementer. Dette er drøftet nærmere i avsnitt 8.2, som omhandler usikkerhet i resultatene.

### 6.2 Elementer i nyttekostnadsberegningene

I de samfunnsøkonomiske kostnadene inngår i første rekke fraktkostnader og tidskostnader for transportkjøper. Økt trafikk i byområder og på belastede vegnett vil kunne føre til kødannelse og økte tidskostnader. Det samme kan være tilfelle ved økt trafikk på jernbanestrekninger eller i havner hvor belastningen i utgangspunk-

tet er stor. Dette er forhold vi har sett bort fra i foreliggende prosjekt, da belastningen generelt sett er lav i norske transportnettverk i dag. Problemene er i hovedsak knyttet opp til rushtrafikken i og rundt de største byene, samt på enkelte jernbanestrekninger.

Vi har i de samfunnsøkonomiske beregningene tatt hensyn til kostnader knyttet til vedlikehold og drift av infrastruktur, først og fremst kostnader knyttet til slitasje og vedlikehold av vegnett og jernbanenett.

I tillegg kommer eksterne kostnader, dvs kostnader som påføres andre, enten andre brukere av transportinfrastrukturen, eller resten av samfunnet. De eksterne kostnadene som vurderes i prosjektet er kostnader knyttet til miljø (luftforurensning med lokale og globale virkninger), støy og ulykker. Kostnadstallene vi benytter for de ulike miljøfaktorene vil ikke inkludere alle aspekter ved dem. Dette er nærmere diskutert under hvert enkelt avsnitt. Enhetskostnader for ulike kostnadselementer og transportmidler, samt utslippsfaktorer, er sammenstilt i tabeller i vedlegg 4.

Statens inntekter av avgifter knyttet til bruk av transportmidler og infrastruktur vil endres med skift i transportmiddelfordelingen, og er derfor inkludert i analysene. Avgifter som inkluderes i analysen er kun avgifter knyttet til *bruk* av transportmidler, dvs drivstoffavgifter, samt elektrisitetsavgift og kjørevegsavgift for jernbanen. Avgifter knyttet til *kjøp* av transportmidler eller *antall* transportmidler i drift er ikke tatt med (aktuelt hvis f eks vegtransport øker så mye at det er nødvendig med flere biler enn før). Vi ser altså bort fra muligheten for at tallet på kjøretøyer i godstransport øker eller minker som følge av endret transportmiddelfordeling. Avgifter som årsavgift, importavgift og registreringsavgift er derfor ikke inkludert i beregningene.

For sjøtransporten bør i prinsippet havneavgiftene inkluderes i en samfunnsøkonomisk analyse. Havneavgiftene består av bl a anløpsavgift, kaiavgift og vareavgift. Den kommunale havnedriften skal i prinsippet være selvfinansierende, slik at havneavgiftene skal dekke utbygging, drift og vedlikehold. Inntektene fra havneavgiftene skal holdes adskilt fra resten av kommuneøkonomien, og kun benyttes til havneformål. Dersom dette følges, vil havneselskapets inntekter og utgifter være like store, og dette leddet kan holdes utenfor beregningene. I praksis vil det ikke alle steder være slik. I dette prosjektet har vi imidlertid valgt å forutsette at inntekter av havneavgifter i sin helhet går til drift, vedlikehold og utvikling av havnene. For transportkjøper inkluderes havneavgiftene som en del av fraktprisen.

I scenarier som impliserer større investeringer (f eks utbygging av kyststamvegen) er investeringskostnadene ikke inkludert i beregningene, da det ikke er et mål i dette prosjektet å gjøre en full analyse av alle nytte- og kostnadselementer ved slike utbygginger. Kun de kostnadsendringer som følger av endret transportmiddelfordeling beregnes. Det er heller ikke vurdert investeringsbehov for jernbanen som følge av sterk trafikkvekst for denne sektoren i noen scenarier.

## 6.3 Generaliserte transportkostnader

### 6.3.1 Direkte transportkostnader

I analysen har vi inkludert endringer i direkte transportkostnader (fraktkostnader) for transportkjøperne som følge av endret transportmiddelfordeling fra basisscenariet. For hvert av scenariene beregnes transportkostnadene i NEMO.

Mengden gods som transporteres mellom par av kommuner (dvs mønstret i OD-matrisene) vil i praksis kunne endres som følge av endrede transportkostnader, f.eks. ved at bedrifter eller lager omlokaliseres eller at en velger å kjøpe fra andre leverandører enn før. Dette har vi sett bort fra i analysene, og OD-matrisen holdes fast i alle scenariene.

### 6.3.2 Tidskostnader

Tidskostnadene som er inkludert i denne analysen består av vareeiers tidskostnader knyttet til transporten, både direkte transporttid og ventetid på ferge, i havn, på jernbaneterminal mv. Transportørens tidskostnader antas å være dekket i fraktpriisen, dvs i den direkte transportkostnaden.

Også tidskostnadene blir beregnet ved hjelp av NEMO.

## 6.4 Eksterne kostnader

I samfunnsøkonomiske analyser er det vanlig å sette kostnader på eksterne virkninger knyttet til de ulike analysealternativer. Eksterne kostnader er kostnader som en aktør påfører en annen uten å betale for det. For eksempel vil økt lastebiltransport føre til økninger i avgassutslipp, støy, ulykker, kø og andre uønskede virkninger. Vi vil i det følgende oppsummere hvilke eksterne effekter vi har satt kostnader på, og hvordan disse kostnadene er beregnet. Eksterne kostnader som er transportavhengige er beregnet på grunnlag av fordelingen av transportarbeid mellom de ulike transportmidler i hvert enkelt scenario, slik det fremkommer fra modellberegningene med NEMO.

### 6.4.1 Miljøkostnader

#### Enhetskostnader

Anslag for kostnader ved luftforurensing må nødvendigvis være usikre. Dette skyldes både manglende kunnskap om sammenhengen mellom utslipp og skadevirkninger og usikkerhet om hvordan skadevirkningene skal verdsettes. Ved enhver beregning må det gjøres antagelser og skjønnsmessige vurderinger. Ulike undersøkelser opererer med svært forskjellig verdsetting av ulike faktorer, noe vi kommer tilbake til i avsnitt 8.2 som omhandler usikkerhet i beregningene.

Vi har valgt å ta med følgende utslipp:

- CO<sub>2</sub> (karbondioksyd)
- N<sub>2</sub>O (lystgass)
- SO<sub>2</sub> (svoveldioksyd)
- NO<sub>x</sub> (nitrose gasser)
- Støv og partikler
- VOC (flyktige organiske forbindelser)

Disse stoffene har ulik grad av skadeeffekt. Karbondioksyd virker bare globalt gjennom drivhuseffekten, mens de fleste andre stoffene både har lokal, regional og global effekt. Svoveldioksyd og nitrose gasser forårsaker sur nedbør, mens nitrose gasser og VOC danner bakkenær ozon. De ulike skadevirkningene er nærmere beskrevet i kapittel 9 og i vedlegg 5.

Som grunnlag for verdsetting av de ulike elementene har vi benyttet en rapport fra European Conference of Ministers of Transport (ECMT, 1998), der resultater fra ulike undersøkelser er presentert, og hvor det er gitt anbefalinger om verdier som kan benyttes.

For karbondioksyd er kostnaden satt til 50 ECU pr tonn utslipp, eller omtrent 400 kroner. Dette er en beregnet kostnad for å oppnå EU's utslippsmål, dvs stabilisering på 1990-nivå. Metan er en del av de flyktige organiske forbindelsene (VOC), og bidrar til bakkenært ozon og drivhuseffekten. 1 gram metan har samme effekt som 21 gram CO<sub>2</sub>. Lystgass har også drivhuseffekt, og 1 gram har samme effekt som 310 gram CO<sub>2</sub>.

Karbondioksyd, metan og lystgass virker først og fremst globalt, og kostnadene er dermed uavhengig av utslippssted. For de andre avgassene er derimot kostnadene sterkt avhengig av hvor utslipp skjer, f eks når det gjelder tallet på personer som berøres, vegetasjon, bygningsmaterialer og værforhold (se også kapittel 9). I ECMT-rapporten er dette løst grovt ved å anbefale differensierte verdier for by- og landområder. Kostnadene av de nitrose gassene er satt til 4 ECU (ca 32 kroner) pr kilo utslipp i landområder, og det dobbelte i byområder. Flyktige organiske forbindelser er verdsatt til det samme. Støv og partikler er kun belagt med kostnader i byområder, 70 ECU (ca 570 kroner) pr kilo. Svoveldioksyd har samme verdi i by- og landområder, med 0,8 ECU (ca 6 kroner) pr kilo.

Karbonmonoksid (CO) har små skadevirkninger, og er derfor ikke inkludert blant de avgassene som blir kostnadsberegnet.

Vi har i dag ikke differensiert lenkene i NEMO etter om de går i by- eller landområde, og kan dermed heller ikke beregne utslipp i by- og landområder separat. Modellberegningene viser imidlertid at 14 prosent av transportarbeidet på veg skjer i Oslo og Akershus, og vi antar at andelen vegtransport i byområder må ligge noe over dette. I beregningene er det derfor grovt forutsatt at 20 prosent av vegtransporten foregår i byområder. For jernbanetransport er det rimelig å anta at en mindre andel av transportarbeidet går i byområder og andelen er derfor anslått til

15 prosent. Skip beveger seg i mindre grad i nærheten av tettsteder, og for sjøtransport regner vi at all transport går i landområder.

### **Utslippsfaktorer**

Miljøutslipp er nært knyttet opp til utført transportarbeid for godstransport, samt omlasting i terminaler. Transportarbeidet i de ulike scenariene er basert på grunnlag av modellberegningene med transportmodellen NEMO. Koeffisienter for beregning av utslippskvantum fra de ulike transportmidler er basert på Holtskog og Rypdal (1997), der det er beregnet utslipp i gram pr tonnkilometer. I og med at de korteste lastebiltransportene (internttransport i kommuner) ikke er med i våre analyser, har vi for lastebiler tatt utgangspunkt i utslippskoeffisienter for lastebiler med nyttelast 11 tonn og over. I tillegg tas med utslipp fra fergene i vegnettet. Når det gjelder el-drevet jernbane, er det lagt til grunn utslippsfaktorer som om elektrisiteten var produsert i gasskraftverk. Bruken av utslipp pr tonnkilometer for vurdering av konsekvenser ved endret transportmiddelfordeling er ikke nødvendigvis uproblematisk, og dette er diskutert i avsnitt 9.5.

Utslippstallene for omlasting i terminaler baserer seg på svenske beregninger (Flodström, 1998).

Utslippsfaktorer som er benyttet og kostnader knyttet til utslippene er vist i vedlegg 4.

### **Miljøkostnader som ikke er inkludert i analysen**

Miljøkostnadene som er beregnet i denne analysen er kostnader som er knyttet til omfordelinger i godstransportarbeid mellom transportmidler. Det vil imidlertid være flere miljøkostnader som ikke er inkludert.

Utslipp til luft er de viktigste miljøkonsekvensene for sjøtransporten, men andre konsekvenser som ikke er inkludert i analysene er f.eks. avfall og kloakk fra skip, og giftige tilsetningsstoffer i begroingshindrende midler på skipsskrog. Skipsfartens miljøvirkninger er ellers diskutert i kapittel 9.

En stor mangel når det gjelder miljøkonsekvenser av vegtransporten er kostnader forbundet med støvplager som skyldes bruk av piggdekk.

I tillegg til den energi som brukes for å flytte transportmidler framover, går det med energi til å utvinne og transportere energibæreren fram til raffinering, samt å produsere og distribuere drivstoffet. Energi er også nødvendig for produksjon av selve transportmiddelet, samt dets infrastruktur. Det er ikke et uvesentlig poeng at sjøfartens infrastruktur i mindre grad er energikrevende å bygge og vedlikeholde enn landtransportens. Ingen av disse momentene er inkludert i våre analyser.

#### **6.4.2 Slitasjekostnader**

Bare den delen av slitasjekostnadene på infrastrukturen som avhenger av trafikkvolumet er relevant å ta med i våre beregninger. Sjøtransport står her i en unik

situasjon i forhold til veg- og jernbanetransport, fordi det ikke er noen slitasje på kjørevegen for sjøtransport. Slitasjekostnader i forbindelse med sjøtransport er kun knyttet til kaianlegg, og skal da være dekket av havneavgiftene. Slitasjekostnadene for sjøtransport er derfor satt lik null. For veg- og jernbanetransport er slitasjekostnader pr tonnkilometer basert på Eriksen og Hovi (1995), men indeksjustert til 1998-kroner. Beregning av slitasjekostnader for vegtransport har tatt utgangspunkt i tilsvarende kjøretøystørrelser som ved beregning av miljøkostnader.

Dette gir en marginal slitasjekostnad på 0,054 kr pr tonnkilometer for jernbane og 0,080 kr pr tonnkilometer for vegtransport.

### 6.4.3 Støykostnader

Støykostnadene er på samme måte som miljøkostnadene basert på anbefalinger i ECMT (1998). De begrensede resultater man har for marginale kostnader av støy antyder at verdsetting av støykostnader er lite påvirket av absolutt støynivå. Beregningene foretatt i rapporten forutsetter at marginal støykostnad er den samme som gjennomsnittlig støykostnad. Anbefalte verdier er 9 ECU (73 kroner) pr 1000 tonnkilometer for vegtransport, og 6 ECU (49 kroner) pr 1000 tonnkilometer for jernbane. Støykostnader for vegtransporten er på omtrent samme nivå som de som er beregnet i Eriksen og Hovi (1995). Kostnadene for jernbanen ligger imidlertid vesentlig lavere. Kostnadene forutsettes å være et gjennomsnitt for hele landet, og samme nivå er brukt uavhengig av tettbygd eller spredtbygd område. Anslagene for støykostnadene må derfor ansees som svært grove.

Siden skip i mindre grad beveger seg nært tettsteder, er støykostnadene for sjøtransporten satt lik null. Vi har heller ikke inkludert støykostnader fra havner. Dette vil sannsynligvis være av en viss betydning, men et tilfredsstillende data-materiale mangler når det gjelder støy fra omlastingsterminaler generelt.

### 6.4.5 Ulykkeskostnader

Ulykkeskostnader for vegtransport er basert på Eriksen og Hovi (1995), men indeksjustert til 1998-kroner. Den marginale ulykkeskostnaden for vegtransport er 0,050 kr pr tonnkilometer. For jernbane har vi benyttet Hagen (1998), som kom fram til en marginal ulykkeskostnad for jernbane på 0,010 kr pr tonnkilometer.

Ulykkeskostnader for sjøtransporten er ikke beregnet i Eriksen og Hovi (1995). I et prosjekt ved TØI i 1998 som omhandler nyttekostnadsanalyser av ulike utbyggingsalternativer for Oslo havn, ble det imidlertid beregnet ulykkeskostnader for sjøtransport i Oslofjorden (Hovi, 1998). Gjennomsnittlig ulykkeskostnad er beregnet på grunnlag av opplysninger om materielle skadeposter fra DAMA-registeret<sup>1</sup> og opplysninger om antall drepte og skadde personer i forbindelse med ulykker i perioden 1981-1997. Marginal ulykkeskostnad for sjøtransport i Oslo-

---

<sup>1</sup> DAMA-registeret (Databank til sikring av Maritime operasjoner), som føres av Veritas, Kystdirektoratet og Sjøfartsdirektoratet.

fjorden ble beregnet til 0,029 kr pr tonnkilometer, og inkluderer både innenriks og utenriks transport. Denne kostnaden er trolig noe høy for innenriks sjøtransport på landsbasis, særlig fordi Oslofjorden har tettere skipstrafikk enn gjennomsnittet for landet. På den annen side vil værforholdene være tøffere i andre deler av landet, noe som skulle tilsi høyere risiko. Disse momentene tatt i betraktning har vi valgt å justere ned kostnaden noe i forhold til det som er beregnet for Oslofjorden, og har satt verdien til 0,020 kr pr tonnkilometer.

## 6.5 Statens inntekter av transportavgifter

Staten har inntekter av ulike avgifter knyttet til transport. En dreining i transportmiddelfordelingen vil endre statens inntekter, noe som må tas med i nyttekostnadsberegningene. I våre beregninger ser vi bort fra muligheten for at tallet på kjøretøyer i godstransport øker eller minker som følge av endret transportmiddel-fordeling. I de analysene vi gjør er dermed bare de trafikkavhengige avgiftene relevant, hvorav de viktigste er drivstoffavgiftene.

*Vegtransporten* betaler mest i drivstoffavgifter. Den ordinære diesellavgiften (basisavgiften) utgjør størsteparten av avgiften på diesel. Denne avgiften ilegges vegtransport, men er unntatt for godstransport på sjø og dieseldrevet jernbane. I tillegg kommer CO<sub>2</sub>-avgiften, og en avgift avhengig av svovelinnholdet i dieselen.

*Jernbanen* betaler kjørevegsavgift, som er en intern avregningsavgift for bruk av infrastrukturen. Mesteparten av godstransporten med tog går på strekninger med elektrisitetsdrift, og er pålagt vanlig el-avgift. Dieseldrevet togtransport er pålagt CO<sub>2</sub>-avgift og svovelavgift, men er unntatt basisavgiften på diesel.

*Sjøfarten* betaler svovelavgift, men er av konkurransehensyn fritatt fra CO<sub>2</sub>-avgift og basisavgift. I tillegg betaler sjøtransporten også havneavgifter, men dette er avgifter som i sin helhet skal gå til drift, vedlikehold og utbygging av havnene, og som dermed ikke tilfaller staten.



## 7 Resultater

I dette kapitlet presenteres beregningsresultater for hvert av scenariene som ble omtalt i kapittel 5. Hovedresultatet fra modellen er transportarbeid for de ulike transportmidlene. I tillegg beregnes grovt omfanget av intermodale transporter, målt som antall tonn omlastet (som ikke nødvendigvis er et godt mål for dette). Det gis også tall for totalt innenriks godsomslag i havner, samt gruppert etter nasjonale havner (Oslo, Grenland, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Trondheim, Bodø og Tromsø) og ”andre havner”. I tillegg beregner modellen generaliserte transportkostnader, som i denne analysen er sammensatt av fraktkostnader og tidskostnader.

Med grunnlag i transportarbeidet og omlasting i terminaler gis også tall for miljøutslipp, samt kostnader knyttet til de ulike eksterne effektene av endringer i transportmønsteret. Når det gjelder luftforurensning beregnes kostnader både knyttet til framføring og til omlasting. For de andre eksterne kostnadene (støy, ulykker og slitasje) har vi ikke hatt de nødvendige data for å beregne kostnader i forbindelse med omlasting.

Alle scenariene er basert på informasjon om varestrømmer og infrastruktur gjeldende for perioden 1993-95. Scenarier som innebærer endringer i f eks infrastruktur (vegutbygging, ”nedlegging” av havner), avgifter eller standard på fartøyer er ikke spesifisert for et bestemt år fram i tiden, det er kun foretatt justeringer i modellen for akkurat de elementene en ønsker å studere. Ved dette beregnes den isolerte effekten av tiltaket uavhengig av fremtidig økonomisk utvikling, endringer i næringsstruktur, godsomfang eller transporttilbud mv.

Tabellene som presenteres i dette kapitlet er mest egnet til å få en samlet oversikt over resultatene for det enkelte scenario. I vedlegg 2 vises mer omfattende tabeller hvor scenariene sammenlignes når det gjelder kostnader, utslipp, transportarbeid, omfang av intermodale transporter etc. Enkelte plott som illustrerer transportmessige endringer i selve nettverket finnes i vedlegg 3. Ellers vises til kapittel 5 for en nærmere beskrivelse av scenariene.

### 7.1 Basisalternativet

Basisalternativet tar utgangspunkt i modellen slik den er bygd opp med varestrømmer og infrastruktur for perioden 1993-1996. Modellen er kalibrert slik at resultatene fra basisscenariet i størst mulig grad stemmer overens med tall for transportarbeid for de ulike transportmidlene på landsbasis. I tillegg har vi sjekket at resultatene fra modellen stemmer noenlunde med tall for godsomslag i havner

og jernbaneterminaler, samt med trafikktegninger på enkelte vegstrekninger og riksvegferger.

Varestrømsmatrisene i modellen består totalt av 96 millioner tonn gods (kommuneinterne transporter ikke inkludert) som fordeles på lenkene i nettverket. Dette gir et totalt årlig transportarbeid på 15,2 milliarder tonnkilometer. Transportarbeidet fordeler seg med 49 prosent på sjø, 41 prosent på veg og 10 prosent på jernbane. Kommuneintern transport (hovedsakelig vegtransport) medregnes ikke i modellen, heller ikke transport med varebiler og kombinerte biler med nyttelast under ett tonn. Fordelingen på transportmidler er derfor en annen enn dersom all innenriks godstransport var inkludert (jfr kapittel 2). Beregningene i prosjektet dekker kun innenriks transporter, slik at innenriksdelen av transport til og fra utlandet ikke er inkludert.

I analysescenariene beregnes prosentvis endring i f eks tonnkilometer i forhold til basisscenariet. Dette er da relatert til det transportarbeidet som er definert i basis-scenariet, dvs eksklusive kommuneinterne transporter, biler med nyttelast under ett tonn og innenlands del av utenrikstransporter. *En beregnet økning i lastebiltransport på f eks 2 prosent betyr da ikke at lastebiltransport totalt øker med 2 prosent, men at den delen av lastebiltransporten som er inkludert i våre analyser øker med 2 prosent!* En kan heller ikke uten videre sammenligne prosentvise endringer mellom transportformene. I og med at jernbanen har relativt lite transport i utgangspunktet, vil en gitt økning i tonn transportert med tog gi en mye større prosentvis vekst enn tilsvarende økning i tonn vil gi på vegsiden.

Modellberegningene viser at i overkant av 17 millioner tonn gods omlastes mellom ulike kombinasjoner av transportmidler. Vel tre fjerdedeler av dette omlastes mellom bil og båt. Under én prosent er omlastinger mellom tog og båt. Når det gjelder omfang av omlastinger har vi dessverre ikke data å kontrollere resultatene mot.

Modellen beregner et totalt innenriks godsomslag i de norske havnene på 33,7 millioner tonn gods årlig. Havnestatistikk fra 1996 (Madslie og Ryntveit, 1998) viser et innenriks godsomslag på 28 millioner tonn i de 47 trafikkhavnene som var med i undersøkelsen. I og med at undersøkelsen ikke dekker alle norske havner, synes tallet på 33,5 millioner tonn rimelig. I dette tallet inngår både gods som omlastes i havn, og gods som går direkte over industrikai uten omlasting. I underkant av en tredjedel av godsomslaget skjer i de åtte nasjonale havnene.

Fraktkostnadene er dominerende i de generaliserte transportkostnader beregnet i modellen, tidskostnadene utgjør bare i overkant av 10 prosent. Totalt beløper generaliserte transportkostnader seg til 18,1 milliarder kroner årlig.

Til sammenligning er de eksterne kostnader beregnet til 3,0 milliarder kroner, der utslipp til luft (både lokal og global luftforurensning) utgjør nærmere halvparten. Slitasjekostnader er beregnet til 583 millioner kroner årlig, og støykostnader 533 millioner kroner. Kostnader knyttet til ulykker utgjør 476 millioner kroner. Det må bemerkes at disse tallene er beheftet med stor usikkerhet. Det gjelder særlig beregninger av miljøkostnader knyttet til utslipp og støy. Dette er videre kommentert i avsnitt 8.2.

I tabell 7.1 er hovedresultatene fra basisscenariet vist.

Tabell 7.1. Hovedresultater fra basialternativet (modellberegninger for 1996)

<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15242</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6321
	Tog	1490
	Sjø	7431
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>17189</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3206
	Veg/sjø	13921
	Sjø/tog	62
<b>Godsomslog i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>33692</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10646
	Andre havner	23046
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18070</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16237
	Tidskostnader	1833
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3049</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	878
	Global forurensning	578
	Støy	533
	Slitasje	583
	Ulykker	476
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1087</b>
(Mill kr)	Veg	1064
	Tog	12
	Sjø	11
<b>Sum av samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>		<b>20031</b>

## 7.2 Innføring av miljøavgifter

Vi har justert CO<sub>2</sub>-avgiftene i tre ulike scenarier. I alle scenariene er det gjort en grov forutsetning om at hele kostnadsøkningen for transportørene på grunn av CO<sub>2</sub>-avgiften overføres til transportkjøper gjennom en økning i transportprisen. En slik forutsetning er imidlertid svært usikker, noe som er diskutert nærmere i avsnitt 7.2.3.

### 7.2.1 Scenario 1a: Langtidsprogrammets basialternativ med klimaavtale

Det første scenariet baserer seg på Langtidsprogrammets basialternativ med klimaavtale, der det er forutsatt at alle CO<sub>2</sub>-utslipp pålegges en generell CO<sub>2</sub>-avgift på 360 1997-kroner pr tonn utslipp fra og med 2010, og at denne avgiften legges på toppen av eksisterende avgifter.

Da bare en fjerdedel av godstransporten på jernbane går på strekninger med dieseldrift, vil økte CO<sub>2</sub>-avgifter ha minst innvirkning på fraktprisen på tog. Gods-transporten på sjø har vesentlig lavere CO<sub>2</sub>-utslipp pr tonnkilometer enn vegtransporten, og den ekstra avgiften som legges på fraktprisene er derfor høyest for vegtransport. Relativt sett er imidlertid endringene større for fraktprisen på sjø fordi

denne i utgangspunktet er lavere. Distanseavhengig del av fraktprisene på sjø økes med mellom 2 og 26 prosent, varierende etter varegruppe, mens tilsvarende økning på veg er mellom 3 og 11 prosent.

Resultatene av analysene er vist i tabell 7.2. Vi ser at transportarbeidet på både veg og sjø minker, mens jernbanetransport øker med 19 prosent (se avsnitt 7.1 for hvordan prosentvis vekst i transportarbeid er å tolke). Pga en lav markedsandel på tog i utgangspunktet øker likevel ikke jernbanens andel (i tonnkilometer) med mer enn 2 prosentpoeng, fra 10 til 12 prosent. Jernbanen ”tar” gods både fra veg- og sjøtransporten. Omfanget av intermodale transporter øker noe i dette scenariet, med vesentlig større omlasting til og fra tog, samtidig som omlasting til og fra båt er omtrent uendret.

Tabell 7.2. Scenario 1a: CO<sub>2</sub>-avgift som i Langtidsprogrammets basialternativ med klimaavtale. Hovedresultater

		Endring sammenlignet med basialternativet		
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15218</b>	<b>-24</b>	<b>0 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6144	-177	-3 %
	Tog	1776	286	19 %
	Sjø	7298	-133	-2 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>18060</b>	<b>871</b>	<b>5 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3856	650	20 %
	Veg/sjø	14068	147	1 %
	Sjø/tog	136	74	118 %
<b>Godsomslag i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>33852</b>	<b>160</b>	<b>0 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10652	6	0 %
	Andre havner	23200	154	1 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18395</b>	<b>326</b>	<b>2 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16576	339	2 %
	Tidskostnader	1819	-14	-1 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3018</b>	<b>-31</b>	<b>-1 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	860	-19	-2 %
	Global forurensning	572	-6	-1 %
	Støy	534	1	0 %
	Slitasje	585	1	0 %
	Ulykker	468	-9	-2 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1049</b>	<b>-38</b>	<b>-4 %</b>
(Mill kr)	Veg	1027	-37	-3 %
	Tog	15	3	23 %
	Sjø	8	-4	-33 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>333</b>	<b>2 %</b>

Et viktig spørsmål ved tolkning av resultatene er selvsagt om jernbanen i Norge har kapasitet til å ta en økning i transportarbeidet på 19 prosent, med noe variasjon mellom de ulike strekninger. I følge Jernbaneverket er det betydelig ledig kapasitet i godstransporten i dag, så lenge en unngår de travleste periodene på døgnet og ikke stiller altfor strenge krav til fremføringshastighet. De mest belastede strekningene er Asker – Oslo og Oslo – Lillestrøm, men sistnevnte vil få økt kapasiteten betydelig ved åpning av Romeriksporten høsten 1999. Relativt beskjedne investeringer i kryssningsspor vil også øke kapasiteten, noe som innebærer at det bør være mulig med atskillig større vekst enn det en opererer med i dette scenariet.

Men igjen, den konkrete situasjonen er helt avhengig av hvilken jernbanestrekning en ser på. I og med at vi i denne rapporten konsentrerer oss om et antall regneeks-  
empler, har vi valgt å ikke gå nærmere inn på situasjonen på hver enkelt delstrek-  
ning. Dette vil imidlertid være nødvendig dersom en skal gjøre en fullstendig  
analyse av et tiltak.

Fraktkostnadene øker i dette scenariet, i første rekke fordi CO<sub>2</sub>-avgiften har ført til  
en generell prisoppgang, men også fordi en får en mindre andel sjøtransport, som  
for alle varegrupper er det rimeligste transportalternativet målt i kroner. Tidskost-  
nadene synker noe pga overgang til raskere transportløsninger. Eksterne kostnader  
synker også, da kostnader knyttet til luftforurensning er lavest for togtransport.

### 7.2.2 Scenario 1b: Avgifter basert på Stortingsmeldingen etter Kyoto- avtalen

Stortingsmeldingen i etterkant av Kyoto-avtalen foreslår at det fra 1999 innføres  
en avgift på 100 1997-kroner pr tonn CO<sub>2</sub> i sektorer som i dag har lavere avgift  
enn dette (gjennomføres fra 1. januar 1999). Dette vil bare påvirke fraktprisene på  
sjø, da både veg- og jernbanetransport i dag har høyere CO<sub>2</sub>-avgifter enn dette.  
Avgiftsøkningen på sjø er imidlertid mindre enn i forrige scenario.

Tabell 7.3. Scenario 1b: CO<sub>2</sub>-avgift basert på Stortingsmeldingen etter Kyoto-avtalen.  
Hovedresultater

			Endring sammenlignet med basisalternativet	
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15226</b>	<b>-16</b>	<b>0 %</b>
(Mill tonnm)	Veg	6348	27	0 %
	Tog	1538	48	3 %
	Sjø	7340	-91	-1 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>17101</b>	<b>-89</b>	<b>-1 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3266	60	2 %
	Veg/sjø	13751	-170	-1 %
	Sjø/tog	84	21	34 %
<b>Godsomslog i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>33461</b>	<b>-231</b>	<b>-1 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10560	-86	-1 %
	Andre havner	22901	-145	-1 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18101</b>	<b>31</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16279	42	0 %
	Tidskostnader	1821	-11	-1 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3057</b>	<b>8</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	877	-1	0 %
	Global forurensning	578	0	0 %
	Støy	538	4	1 %
	Slitasje	588	5	1 %
	Ulykker	476	0	0 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1092</b>	<b>4</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Veg	1068	5	0 %
	Tog	13	0	3 %
	Sjø	10	-1	-7 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>35</b>	<b>0 %</b>

Analysene viser at en slik avgift har atskillig mindre virkninger på transportmønsteret enn avgiften i scenario 1a. Togtransporten øker noe på bekostning av sjøtransporten, og det er også en mindre økning i vegtransporten. Omfanget av intermodale transporter øker ikke, da det blir mindre omlasting mellom bil og båt og dette mer enn oppveier for økningen i omlasting til og fra tog.

De ulike kostnadskomponentene endres lite i dette scenariet.

### 7.2.3 Scenario 1c: Høy CO<sub>2</sub>-avgift for alle transportformer

Langtidsprogrammets avgift på 360 1997-kroner anses av mange å være svært lav. En CO<sub>2</sub>-avgift på om lag 90 dollar pr tonn CO<sub>2</sub> (eller ca 650 kroner) er nok nærmere det som har blitt diskutert politisk og vitenskapelig for å oppnå den ønskede virkning. Da sjøtransporten i dag (1998) er unntatt fra CO<sub>2</sub>-avgift, vil innføringen av et slikt avgiftsnivå ha stor innvirkning på fraktprisene med båt. Med utgangspunkt i fraktprisene som ligger i NEMO i dag, vil den distanseavhengige delen av fraktprisene på sjø øke mellom 5 og 53 prosent fra dagens nivå ved innføring av en slik avgift, varierende etter varegruppe. Til sammenligning øker distanseavhengig del av fraktprisene for vegtransport mellom 4 og 15 prosent, mens tilsvarende økning for togtransport ligger mellom 1 og 10 prosent. Det er ikke lagt inn en økning i elektrisitetsprisen som følge av de økte CO<sub>2</sub>-avgiftene.

Tabell 7.4. Scenario 1c: Høy CO<sub>2</sub>-avgift for alle transportmidler. Hovedresultater.

			Endring sammenlignet med basialternativet	
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15153</b>	<b>-89</b>	<b>-1 %</b>
(Mill tonnm)	Veg	6115	-206	-3 %
	Jernbane	1969	479	32 %
	Sjø	7069	-362	-5 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>18161</b>	<b>972</b>	<b>6 %</b>
(1000 tonn)	Veg/Jernbane	4180	974	30 %
	Veg/sjø	13792	-129	-1 %
	Sjø/Jernbane	189	127	203 %
<b>Godsomslog i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>33313</b>	<b>-379</b>	<b>-1 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10318	-328	-3 %
	Andre havner	22995	-51	0 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18589</b>	<b>519</b>	<b>3 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16790	553	3 %
	Tidskostnader	1799	-34	-2 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3015</b>	<b>-33</b>	<b>-1 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	849	-30	-3 %
	Global forurensning	569	-8	-1 %
	Støy	541	8	2 %
	Slitasje	593	9	2 %
	Ulykker	463	-13	-3 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1028</b>	<b>-60</b>	<b>-5 %</b>
(Mill kr)	Veg	1018	-46	-4 %
	Jernbane	16	4	29 %
	Sjø	-6	-17	-152 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>545</b>	<b>3 %</b>

Avgiften har forholdsvis store konsekvenser for transportmiddelfordelingen. I dette scenariet tar togtransporten markedsandeler fra både veg- og sjøtransport, og øker med totalt 32 prosent (vi har ikke gjort en konkret vurdering av om dette vil medføre kapasitetsproblemer på enkelte togstrekninger, jfr diskusjonen i avsnitt 1a). Dette gir en fordeling mellom transportmidlene med 47 prosent på sjø, 40 prosent på veg og 13 prosent på jernbane (når kommuneinterne transportert ikke er medregnet). Dette er også det scenariet med størst omfang av intermodale transportert. Tross en viss reduksjon i omlasting mellom bil og båt, øker antall tonn omlastet i terminaler og havner med totalt 6 prosent.

Dreiningen i transportmiddelfordelingen fra veg og sjø til jernbane impliserer lavere eksterne kostnader knyttet til luftforurensning, global oppvarming og ulykker, men samtidig høyere støy- og slitasjekostnader. Totalt er det en liten nedgang i eksterne kostnader. Fraktkostnadene øker imidlertid med 3 prosent. Dersom vi sammenligner summen av de ulike kostnadselementene (transport, eksternaliteter og inntekter til staten) med basisalternativet, finner vi en total kostnadsøkning på 3 prosent.

I alle disse tre scenariene som omhandler endringer i miljøavgifter har vi forutsatt at de økte avgiftene inkluderes fullt ut i fraktprisen, og dermed i sin helhet dekkes av transportkjøper. I praksis kan det imidlertid være at transportøren selv dekker deler av disse ekstra kostnadene, ved f eks å akseptere lavere profitt, effektivisere driften e l. Andelen av avgiftene som overveltes på transportkjøper kan variere mellom transportmidlene etter konkurransesituasjonen, muligheter til å senke profitten i næringen, effektiviseringspotensiale mv. Vi har i dag dårlig informasjon om hvordan markedet oppfører seg i slike situasjoner, og har derfor i hovedanalysen valgt å inkludere avgiftene fullt ut i prisen.

Vi har imidlertid sett på hvordan bildet i scenario 1c endres dersom vi antar at bare 50 prosent av avgiftsøkningen inkluderes i fraktprisen (for alle transportmidlene). Dette gir en mindre grad av omfordeling mellom transportmidlene, der togtransporten nå øker med 22 prosent, mens transport med bil og båt reduseres med henholdsvis 2 og 3 prosent. Endringene i de eksterne kostnadene blir dermed også noe mindre. Årsaken til at mindre gods velger å skifte transportmiddel i en situasjon hvor bare halvparten av avgiftsøkningen overveltes transportkjøper er selvsagt at det ikke blir like stor prisdifferanse mellom transportmidlene som ved full inkludering av avgiftene i fraktprisen (differansen mellom prisøkningen på veg og jernbane er f eks bare halvparten så stor som i scenario 1c).

## 7.3 Omfattende vegutbygging

### 7.3.1 Scenario 2a og 2b: Utbygging av kyststamvegen Kristiansand-Trondheim

I analysene i tilknytning til kyststamvegen Kristiansand-Trondheim har vi kun sett på den del av utbyggingsplanene som erstatter ferger med fast vegforbindelse, og ikke tatt hensyn til planer om standardheving i vegnettet ellers. Våre eksempelberregninger må derfor ikke betraktes som en fullstendig analyse av effektene av en fullt utbygd kyststamveg.

Tabellene 7.5 og 7.6 viser at endringene har forholdsvis liten betydning for transportmiddelfordelingen når en ser på landet under ett. I det første scenariet med 6 isteden for 9 ferger, er endringene helt marginale. Men endringene er også små i det andre scenariet. Transportarbeidet på sjø synker med 1 prosent, mens det er en økning for veg og bane på henholdsvis 2 og 1 prosent. Endringene ville vært større hvis en også hadde tatt hensyn til forbedret vegstandard og ulike innkortinger ellers i korridoren. Tilsvarende gjelder hvis en kun hadde studert transporter langs kysten av Vestlandet, dvs i det området hvor kyststamvegen er av betydning. For transporter mellom flere av fylkene kyststamvegen går gjennom (f eks mellom Agder og Trøndelag) vil imidlertid vegruter via Østlandet være desidert raskest uavhengig av hvilket utbyggingsalternativ en ser på.

Tabell 7.5. Scenario 2a: Kyststamveg mellom Kristiansand og Trondheim med 6 ferger. Hovedresultater (NB! Utbyggingskostnadene er ikke inkludert).

			Endring sammenlignet med basialternativet	
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15241</b>	<b>-1</b>	<b>0 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6335	14	0 %
	Tog	1498	8	0 %
	Sjø	7408	-23	0 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>17103</b>	<b>-86</b>	<b>-1 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3201	-5	0 %
	Veg/sjø	13821	-100	-1 %
	Sjø/tog	81	19	30 %
<b>Godsomslag i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>33568</b>	<b>-124</b>	<b>0 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10616	-30	0 %
	Andre havner	22952	-94	0 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18047</b>	<b>-22</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16229	-8	0 %
	Tidskostnader	1818	-14	-1 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3047</b>	<b>-2</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	875	-3	0 %
	Global forurensning	576	-2	0 %
	Støy	535	1	0 %
	Slitasje	585	2	0 %
	Ulykker	477	0	0 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1090</b>	<b>2</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Veg	1066	2	0 %
	Tog	12	0	1 %
	Sjø	11	0	0 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>-26</b>	<b>0 %</b>



Tabell 7.6. Scenario 2b: Fergefri kyststamveg mellom Kristiansand og Trondheim.  
Hovedresultater. (NB! Utbyggingskostnadene er ikke inkludert).

		Endring sammenlignet med basialternativet		
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15263</b>	<b>21</b>	<b>0 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6427	106	2 %
	Tog	1499	9	1 %
	Sjø	7337	-94	-1 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>16461</b>	<b>-728</b>	<b>-4 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3238	32	1 %
	Veg/sjø	13177	-744	-5 %
	Sjø/tog	46	-16	-26 %
<b>Godsomslag i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>32789</b>	<b>-903</b>	<b>-3 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10537	-109	-1 %
	Andre havner	22252	-794	-3 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>17978</b>	<b>-92</b>	<b>-1 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16212	-25	0 %
	Tidskostnader	1766	-67	-4 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3006</b>	<b>-43</b>	<b>-1 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	842	-36	-4 %
	Global forurensning	551	-27	-5 %
	Støy	541	8	2 %
	Slitasje	592	9	2 %
	Ulykker	480	3	1 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1105</b>	<b>18</b>	<b>2 %</b>
(Mill kr)	Veg	1082	18	2 %
	Tog	12	0	1 %
	Sjø	11	0	-2 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>-152</b>	<b>-1 %</b>

## 7.4 Endret tilbud i sjøfarten

For å gjøre noen grove analyser av hvilke konsekvenser et endret tilbud i sjøfarten har for godstransporten i Norge, har vi tatt utgangspunkt i tre ulike problemstillinger. I det første scenariet begrenser vi havnetilbudet til kun å gjelde de åtte nasjonale havnene. I to scenarier bruker vi framføringshastigheten som en indikator på fartøyenes standard, og ser hvordan dette påvirker transportmiddelfordelingen, mens vi i det siste scenariet fokuserer på antallet fartøyer i drift, og hvilke konsekvenser det får dersom sjøtransport kun er tilgjengelig for noen av varegruppene.

### 7.4.1 Scenario 3a: Alle havner unntatt de åtte nasjonale ”legges ned”

En del av godset som tidligere gikk over andre havner, vil i dette scenariet overføres til de nasjonale havnene. Godsomslaget i disse havnene øker med 26 prosent, mens totalt godsomslag i havner reduseres med 60 prosent sammenlignet med basialternativet. Mesteparten av transportarbeidet overføres til vegtransport. Dette skyldes bl a begrenset tilgang til jernbane i kystområdene. Likevel beregnes en økning i transportarbeidet med jernbane på 54 prosent. Eventuelle investeringer for å kunne ta unna en slik økning for jernbanen er ikke inkludert i beregningen av samfunnsøkonomiske kostnader.

Selv om tidskostnadene synker ved overføring fra sjø til andre transportmidler, øker likevel de generaliserte transportkostnadene med 9 prosent, pga høyere fraktpris på veg enn på sjø. Det har også store konsekvenser for de eksterne kostnadene, som totalt øker med 31 prosent. Spesielt kostnadene knyttet til støy og slitasje på veg- og jernbanenett øker kraftig (45 prosent), mens ulykkeskostnadene øker med 17 prosent. Kostnader av global forurensning (hovedsakelig CO<sub>2</sub>) øker med 28 prosent, og av lokal forurensning 22 prosent.

Dette er det scenariet der summen av de samfunnsøkonomiske kostnadene øker mest, 11 prosent. Fraktkostnadene er beregnet å øke med 1,8 milliarder kroner årlig. I tillegg kommer økte eksterne kostnader på 939 millioner kroner. Endringene i transportmiddelfordeling fører imidlertid også til økte inntekter for staten, slik at total kostnadsøkning ikke blir fullt så stor.

Tabell 7.7. Scenario 3a: Alle havner bortsett fra de åtte nasjonale havnene "legges ned".  
Hovedresultater

			Endring sammenlignet med basisalternativet	
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15713</b>	<b>471</b>	<b>3 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	9049	2728	43 %
	Tog	2293	803	54 %
	Sjø	4371	-3060	-41 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>14451</b>	<b>-2738</b>	<b>-16 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	4890	1684	53 %
	Veg/sjø	9555	-4366	-31 %
	Sjø/tog	6	-56	-90 %
<b>Godsomslog i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>13364</b>	<b>-20328</b>	<b>-60 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	13364	2718	26 %
	Andre havner	0	-23046	-100 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>19779</b>	<b>1710</b>	<b>9 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	18080	1843	11 %
	Tidskostnader	1700	-133	-7 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3988</b>	<b>939</b>	<b>31 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	1075	197	22 %
	Global forurensning	740	162	28 %
	Støy	771	238	45 %
	Slitasje	844	260	45 %
	Ulykker	558	82	17 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1549</b>	<b>462</b>	<b>42 %</b>
(Mill kr)	Veg	1523	459	43 %
	Tog	20	8	63 %
	Sjø	6	-5	-45 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>2187</b>	<b>11 %</b>

#### 7.4.2 Scenario 3b og 3c: Endring i framføringshastighet på sjø

Vi har studert to scenarier der framføringshastigheten på sjø henholdsvis senkes og økes med 10 prosent i forhold til hastigheten i basisscenariet. Det mest interessante resultatet fra disse scenariene er at nedsatt hastighet på sjø gir en vesentlig større reduksjon i transportarbeidet på sjø enn tilsvarende økning i transportarbeid som følge av økt hastighet. Ved å senke hastigheten med 10 prosent, synker transportarbeidet på sjø med 4 prosent. Dersom vi derimot øker hastigheten med 10 prosent, øker transportarbeidet på sjø med bare 2 prosent.

Hastighetsendringene har en viss betydning for omlastinger og godsomslag i havner, men liten betydning for de ulike kostnadselementene.

Tabell 7.8. Scenario 3b: Reduksjon av framføringshastigheten på sjø med 10 prosent. Hovedresultater.

		Endring sammenlignet med basisalternativet		
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15185</b>	<b>-57</b>	<b>0 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6395	74	1 %
	Tog	1677	187	13 %
	Sjø	7113	-318	-4 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>16852</b>	<b>-338</b>	<b>-2 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3327	121	4 %
	Veg/sjø	13397	-524	-4 %
	Sjø/tog	128	65	104 %
<b>Godsomslag i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>32825</b>	<b>-867</b>	<b>-3 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10246	-400	-4 %
	Andre havner	22579	-467	-2 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18150</b>	<b>81</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16279	42	0 %
	Tidskostnader	1871	39	2 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3070</b>	<b>21</b>	<b>1 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	870	-8	-1 %
	Global forurensning	578	0	0 %
	Støy	548	14	3 %
	Slitasje	599	16	3 %
	Ulykker	475	-1	0 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1101</b>	<b>13</b>	<b>1 %</b>
(Mill kr)	Veg	1076	12	1 %
	Tog	14	1	11 %
	Sjø	11	-1	-5 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>89</b>	<b>0 %</b>

Tabell 7.9. Scenario 3c: Økning av framføringshastigheten på sjø med 10 prosent.  
Hovedresultater.

		Endring sammenlignet med basialternativet		
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15260</b>	<b>18</b>	<b>0 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6289	-32	-1 %
	Tog	1381	-109	-7 %
	Sjø	7590	159	2 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>17382</b>	<b>192</b>	<b>1 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3114	-92	-3 %
	Veg/sjø	14202	281	2 %
	Sjø/tog	66	3	5 %
<b>Godsomslag i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>34077</b>	<b>385</b>	<b>1 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10752	106	1 %
	Andre havner	23325	279	1 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18000</b>	<b>-70</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16215	-22	0 %
	Tidskostnader	1785	-48	-3 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3036</b>	<b>-12</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	882	4	0 %
	Global forurensning	577	0	0 %
	Støy	526	-8	-1 %
	Slitasje	575	-8	-1 %
	Ulykker	477	1	0 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1081</b>	<b>-6</b>	<b>-1 %</b>
(Mill kr)	Veg	1058	-5	-1 %
	Tog	11	-1	-8 %
	Sjø	12	0	3 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>-76</b>	<b>0 %</b>

### 7.4.3 Scenario 3d: Kun bulkprodukter kan fraktes med båt

Transportmiddelfordelingen er sterkt varierende med hensyn på godstype eller vareslag. Som beskrevet i kapittel 2 har vegtransporten en særlig sterk stilling innen stykkgodstransport, med hele 96 prosent av transportmengdene innen landsdeler, og ca 70 prosent av transportmengdene mellom landsdelene. Sjøtransporten har en klart større andel enn jernbanen for alle varegrupper, både ved transport innen landsdeler og mellom landsdeler. Av godsstrømmene slik de fordeler seg på transportmidler i basialternativet, går 73 prosent av bulktransportene (tørrbulk + olje) med skip, men bare 23 prosent av stykkgoods og tømmer/trelast. Bulkprodukter utgjør 76 prosent av transportarbeidet på sjø.

Når vi i dette scenariet studerer lavere kapasitet i sjøtransporten ved å begrense transport med båt til kun å ta bulkprodukter, samtidig som vi benytter faste varestrømsmatriser (OD-matriser), ”tvinger” vi dermed i praksis nesten en fjerdedel av tonnkilometerne over på andre transportmidler.

Transportarbeidet som overføres fra sjø fordeler seg med noe mer på veg enn på jernbane. I prosent øker imidlertid transportarbeidet på jernbane med hele 68 prosent. Dette er en dramatisk økning, som trolig vil kreve investeringer både i skinnegang og materiell. Omfanget av dette vil imidlertid avhenge av hvordan veksten fordeler seg på ulike strekninger. Vi har ikke gått nærmere inn på dette spørsmå-

let, og eventuelle investeringskostnader for jernbanen er ikke inkludert i de samfunnsøkonomiske beregningene.

Omfanget av omlastinger totalt reduseres i dette scenariet med 15 prosent, til tross for en økning i omlasting mellom bil og tog på over 50 prosent. De eksterne kostnadene øker totalt med 14 prosent, der økningen for det meste skyldes økt støy og slitasje på veg- og jernbanenett. Generaliserte transportkostnader øker med 3 prosent. Dersom alle de ulike kostnadskomponentene tas i betraktning, øker de samfunnsøkonomiske kostnadene med 4 prosent.

Tabell 7.10. Scenario 3d: Kun bulkprodukter fraktes med båt. Hovedresultater.

		Endring sammenlignet med basisalternativet		
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15753</b>	<b>511</b>	<b>3 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	7570	1249	20 %
	Tog	2510	1020	68 %
	Sjø	5673	-1758	-24 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>14674</b>	<b>-2515</b>	<b>-15 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	4953	1747	54 %
	Veg/sjø	9709	-4212	-30 %
	Sjø/tog	12	-50	-80 %
<b>Godsomslog i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>26906</b>	<b>-6786</b>	<b>-20 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	8765	-1881	-18 %
	Andre havner	18141	-4905	-21 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18659</b>	<b>590</b>	<b>3 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	17055	818	5 %
	Tidskostnader	1604	-229	-12 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3491</b>	<b>442</b>	<b>14 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	931	53	6 %
	Global forurensning	636	58	10 %
	Støy	674	141	26 %
	Slitasje	738	154	26 %
	Ulykker	513	36	8 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1305</b>	<b>218</b>	<b>20 %</b>
(Mill kr)	Veg	1274	210	20 %
	Tog	23	11	87 %
	Sjø	8	-3	-30 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>814</b>	<b>4 %</b>

## 7.5 Endring i varesammensetning

### 7.5.1 Scenario 4: Overføring av bulk (20 prosent) til stykkgoods

I og med at stykkgoods gjennom høyere tidsverdi setter høyere krav til framføringshastigheten enn bulkprodukter, medfører en slik ”omklassifisering” av gods en viss dreining bort fra sjøtransport. Av godset som overføres til andre transportmidler, går ca to tredjedeler til vegtransport, og resten til jernbane. Fordi stykkgoods har vesentlig høyere både frakt- og tidskostnader enn andre varegrupper, øker begge disse kostnadskomponentene sammenlignet med basisalternativet.

De eksterne kostnadene øker ikke vesentlig i dette scenariet, totalt 2 prosent.

Tabell 7.11. Scenario 4: Større andel stykkgoodsprodukter og mindre bulk (20 prosent av varegruppen tørrbulk overføres til stykkgoods). Hovedresultater.

		Endring sammenlignet med basisalternativet		
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15208</b>	<b>-34</b>	<b>0 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6519	198	3 %
	Tog	1549	59	4 %
	Sjø	7140	-291	-4 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>16774</b>	<b>-416</b>	<b>-2 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3426	220	7 %
	Veg/sjø	13285	-636	-5 %
	Sjø/tog	63	0	0 %
<b>Godsomslag i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>31176</b>	<b>-2516</b>	<b>-7 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	9884	-762	-7 %
	Andre havner	21292	-1754	-8 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>19009</b>	<b>939</b>	<b>5 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	17082	845	5 %
	Tidskostnader	1926	94	5 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3124</b>	<b>75</b>	<b>2 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	897	18	2 %
	Global forurensning	594	16	3 %
	Støy	551	17	3 %
	Slitasje	602	19	3 %
	Ulykker	481	5	1 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1121</b>	<b>33</b>	<b>3 %</b>
(Mill kr)	Veg	1097	33	3 %
	Tog	13	1	5 %
	Sjø	11	-1	-5 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>981</b>	<b>5 %</b>

## 7.6 Endrede krav fra transportkjøpere

### 7.6.1 Scenario 5a og 5b: Endret frekvens i rutefarten på sjø

Vi har analysert to scenarier, ett der frekvensen dobles i de åtte nasjonale havnene, og ett der frekvensen dobles i alle havner. Det viser seg at fordi de nasjonale havnene allerede har forholdsvis mange ukentlige anløp, har en dobling av frekvensen nokså lite å si for tidskostnadene. Dette scenariet gir derfor forholdsvis små endringer i transportmiddelvalg. Kostnader knyttet til frekvens i rutetransporten er bare lagt inn for varegruppen stykkgoods, da vi forutsetter at mesteparten av de andre varegruppene går i løsfart. For stykkgoods øker transportarbeidet på sjø med 4 prosent. Det er i hovedsak en overføring fra togtransport. Sjøtransport totalt øker med 1 prosent. En slik vridning har svært lite å si for de ulike kostnadselementene.

Tabell 7.12. Scenario 5a: Doblet frekvens i rutetilbudet i de nasjonale havnene. Hovedresultater.

			Endring sammenlignet med basisalternativet	
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15241</b>	<b>-1</b>	<b>0 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6315	-6	0 %
	Tog	1435	-55	-4 %
	Sjø	7491	60	1 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>17241</b>	<b>51</b>	<b>0 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3175	-31	-1 %
	Veg/sjø	14003	82	1 %
	Sjø/tog	63	0	0 %
<b>Godsomslog i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>33774</b>	<b>82</b>	<b>0 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10693	47	0 %
	Andre havner	23081	35	0 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18062</b>	<b>-7</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16227	-10	0 %
	Tidskostnader	1835	3	0 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3045</b>	<b>-4</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	881	3	0 %
	Global forurensning	578	0	0 %
	Støy	530	-3	-1 %
	Slitasje	580	-3	-1 %
	Ulykker	477	0	0 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1086</b>	<b>-1</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Veg	1063	-1	0 %
	Tog	12	0	-3 %
	Sjø	11	0	1 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>-10</b>	<b>0 %</b>

Tabell 7.13. Scenario 5b: Doblet frekvens i rutetilbudet i alle havner. Hovedresultater.

			Endring sammenlignet med basisalternativet	
<b>Transportarbeid</b>	<b>Totalt</b>	<b>15241</b>	<b>-1</b>	<b>0 %</b>
(Mill. tonnkm)	Veg	6270	-51	-1 %
	Tog	1401	-89	-6 %
	Sjø	7570	139	2 %
<b>Omlastinger</b>	<b>Totalt</b>	<b>17383</b>	<b>193</b>	<b>1 %</b>
(1000 tonn)	Veg/tog	3110	-96	-3 %
	Veg/sjø	14208	287	2 %
	Sjø/tog	65	2	4 %
<b>Godsomslog i havner</b>	<b>Totalt</b>	<b>33994</b>	<b>302</b>	<b>1 %</b>
(1000 tonn)	8 nasjonale	10654	8	0 %
	Andre havner	23340	294	1 %
<b>1 Generalisert transportkostnad</b>	<b>Totalt</b>	<b>18033</b>	<b>-37</b>	<b>0 %</b>
(Mill kr)	Fraktkostnader	16204	-33	0 %
	Tidskostnader	1828	-4	0 %
<b>2 Eksterne kostnader</b>	<b>Totalt</b>	<b>3030</b>	<b>-19</b>	<b>-1 %</b>
(Mill kr)	Lokal forurensning	879	0	0 %
	Global forurensning	576	-2	0 %
	Støy	525	-8	-2 %
	Slitasje	574	-9	-2 %
	Ulykker	476	-1	0 %
<b>3 Avgiftsinntekter til staten</b>	<b>Totalt</b>	<b>1078</b>	<b>-9</b>	<b>-1 %</b>
(Mill kr)	Veg	1055	-9	-1 %
	Tog	12	-1	-6 %
	Sjø	12	0	2 %
<b>Endringer i samfunnsøkonomiske kostn. (1 + 2 - 3) (Mill kr)</b>			<b>-47</b>	<b>0 %</b>

For mange av de andre havnene har dobling av frekvensen større effekt. Ved å doble frekvensen i *alle* havner, øker stykkgodstransporten på sjø med 9 prosent. Transportarbeidet på sjø totalt øker med 2 prosent, og omfanget av omlastinger øker med 1 prosent. Kostnader knyttet til støy og slitasje synker med 2 prosent, mens de andre eksterne kostnadene er tilnærmet uforandret.



## 8 Oppsummering av beregningene og usikkerhet i analysene

### 8.1 Oppsummering og konklusjoner

En oppsummering av resultater fra de ulike scenariene er presentert i tabell 8.1. Tabellen viser hvordan de ulike kostnadselementene endrer seg i hvert scenario i forhold til basisalternativet. En mer detaljert tabell med oversikt over de ulike eksterne kostnadene finnes i vedlegg 2. Tilsvarende tabeller over transportarbeid, omlastinger, godsomslag i havner og miljøutslipp i de ulike scenariene finnes også i det samme vedlegget.

Tabell 8.1. Oppsummering av samfunnsøkonomiske kostnader i de ulike scenariene. Endringer sammenlignet med basisalternativet. Prosent.

Scenarier	Frakt-kostnader	Tids-kostnader	Eksterne kostnader	Avgiftsinnt. til staten
<b>Basisscenario. Millioner kroner</b>	<b>16237</b>	<b>1833</b>	<b>3049</b>	<b>1087</b>
1a* CO2-avgifter som i Langtidsprogrammet	2 %	-1 %	-1 %	-4 %
1b* CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	0 %	-1 %	0 %	0 %
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	3 %	-2 %	-1 %	-6 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	0 %	-1 %	0 %	0 %
2b Fergefri kyststamveg	0 %	-4 %	-1 %	2 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	11 %	-7 %	31 %	42 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	0 %	2 %	1 %	1 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	0 %	-3 %	0 %	-1 %
3d Kun bulkprodukter med båt	5 %	-12 %	14 %	20 %
4 20 % bulk overført til stykkgoods	5 %	5 %	2 %	3 %
5a** Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	0 %	0 %	0 %	0 %
5b** Doblet frekvens i alle havner	0 %	0 %	-1 %	-1 %

\*) Forutsetter at avgiften fullt ut overveltes transportkjøper.

\*\*\*) Endret frekvens har bare betydning for stykkgodstransporten.

Felles for alle scenariene er at ingen av dem resulterer i en vesentlig økning i sjøtransporten. De fleste scenariene er snarere en illustrasjon av kostnads- og miljømessige konsekvenser av en vridning fra sjøtransport over til de andre transportformene. Siden sjøtransport er den transportformen som opererer med de klart laveste kostnadene pr tonnkilometer, får en i flere scenarier en økning i de totale kostnadene.

Fordi togtransporten, tross sterk økning i enkelte scenarier, uansett vil utgjøre en relativt beskjeden andel av transportarbeidet (fra 9 til 16 prosent), vil redusert sjøtransport også i vesentlig grad resultere i høyere vegtransport, med de konsekven-

ser det får for kostnader og miljø. Det er bare i scenariene med forhøyede miljøavgifter at togtransporten tar markedsandeler fra både sjø- og vegtransport.

Størst endring i transportmiddelfordeling og kostnader har vi i scenariet der tilbudet i sjøtransporten begrenses dramatisk ved å ”legge ned” de fleste havnene (3a), og i scenariet der sjøtransport begrenses til kun å gjelde bulkprodukter (3d). Disse scenariene er lite realistiske, men kan gi et bilde av sjøfartens betydning i Norge i form av grove tall for hvilke konsekvenser slike endringer får for kostnader og miljø. I scenario 3a reduseres transportarbeidet på sjø med vel 40 prosent, mens transportarbeidet på veg og jernbane øker rundt 50 prosent. Omfanget av omlastinger reduseres med 16 prosent. Kostnader knyttet til støy og slitasje på veg- og jernbanenett øker begge med 45 prosent, og det er også store kostnadsøkninger når det gjelder ulykker (17 prosent), og lokal og global luftforurensning (hhv 22 og 28 prosent).

Scenariene som illustrerer konsekvenser av økte miljøavgifter er mer realistiske, og har også forholdsvis store konsekvenser. Scenario 1c beskriver konsekvensene av en CO<sub>2</sub>-avgift på 650 kroner pr tonn utslipp, som i sin helhet inkluderes i fraktprisene. Som følge av dette øker togtransporten med 32 prosent, mens transportarbeid på sjø og veg reduseres med henholdsvis 5 og 3 prosent. Det kan imidlertid være interessant å observere at CO<sub>2</sub>-utslippene ikke synker vesentlig som følge av avgiften, kun 1 prosent. Dette har sammenheng med at varestrømsmatrisene er faste, og at alle transportmidler har et visst utslipp (elektrisitet til jernbanen forutsettes produsert i gasskraftverk). Omfanget av omlastinger øker, som også medfører et visst energiforbruk. CO<sub>2</sub>-avgiften knyttet til omlastinger utgjør imidlertid svært lite i forhold til selve omlastingskostnaden, og påvirker derfor transportmiddelfordelingen minimalt. Kostnader fra lokal luftforurensning og ulykker synker begge 3 prosent. Fordi kostnader fra støy og slitasje øker, er det likevel bare en liten nedgang i totale eksterne kostnader. I prinsippet kan det tenkes at denne typen økning av transportavgiftene medfører endringer i selve transportetterspørselen (dvs endrede OD-matriser), f eks ved at gjennomsnittlig transportavstand minsker pga omlokaliseringer, handel med bedrifter som ligger nærmere osv. Dette er forhold som i tilfelle vil påvirke kostnadsbildet.

I de andre scenariene er det mindre endringer i transportmiddelfordelingen. I scenario 4 så vi på konsekvensene av endret varesammensetning, med større andel stykkgoods og mindre bulkprodukter. Stykkgoods har høyere tidsverdi, noe som fører til økt bruk av raskere transportmidler som bil og bane. Frakt- og tidskostnader øker i dette scenariet med 5 prosent, og de eksterne kostnadene med 2 prosent.

Tre scenarier gir en liten økning i godstransporten på sjø. Det gjelder scenariet der framføringshastigheten på sjø økes med 10 prosent i forhold til basisscenariet (3c) og to scenarier der frekvensen på rutetilbudet i havnene økes (5a og 5b). Økningen i transportarbeidet på sjø er imidlertid liten, 1–2 prosent. At effekten av frekvensøkning i rutefarten ikke er så stor, skyldes bl a at vi i modellen kun har latt dette påvirke transporten av stykkgodsvarer, som utgjør en forholdsvis liten del av godsmengdene på sjø. I scenario 3c finner vi at en 10 prosents økning av hastigheten på sjø gir 2 prosent økning i transportarbeidet på sjø. 10 prosent reduksjon

av hastigheten på sjø beregnes imidlertid å gi 4 prosent nedgang i transportarbeidet på sjø.

Resultatene fra scenariene viser tydelig at et mer begrenset tilbud i sjøfarten fører til økte kostnader på flere områder. Fraktkostnadene har mest å si, og er desidert lavest med båt. Tidskostnadene er høyere enn for de andre transportmidlene, men utgjør en forholdsvis liten andel av det totale kostnadsbildet. Sjøfarten står i en særstilling når det gjelder infrastruktur, siden kostnader til slitasje og vedlikehold bare er knyttet til havnene. Støykostnader kan en også i grove trekk se bort fra (selv om en nok burde hatt med noe i forbindelse med omlasting i havner). Eksterne kostnader knyttet til støy og slitasje øker derfor kraftig ved overgang til andre transportmidler. Når det gjelder ulykker og luftforurensning har sjøfarten kostnader (pr tonnkilometer) som ligger under vegtransport, men over jernbanetransport. Resultatene fra våre beregninger bekrefter totalt sett hypotesen om at *redusert sjøfart øker totalkostnadene knyttet til transport.*

Resultatene bygger på noen viktige forutsetninger. De viktigste er at:

- etterspørselen etter godstransport, i form av varestrømmer mellom kommuner, er uendret i de ulike scenariene.
- kostnadsfunksjonene i NEMO fremstiller konkurranseflatene mellom transportmidlene på en realistisk måte.
- utslippsfaktorer og enhetskostnader som er benyttet for luftforurensning, støy, ulykker og slitasje på infrastruktur gir et riktig bilde av eksterne virkninger av de ulike transportformene på landsbasis.
- utelatte faktorer ikke fører til skjevheter, f eks at en av transportformene systematisk får beregnet for lave eller for høye kostnader.
- det er tilstrekkelig kapasitet tilgjengelig i hele transportsystemet, noe som det kanskje spesielt for jernbane kan stilles spørsmål ved, i hvert fall på kort sikt.

Andre forutsetninger som ligger i modellen og usikkerhet i beregningene er kommentert i avsnittene 1.3 og 8.2.

## 8.2 Usikkerhet i beregningene

### 8.2.1 Generelt

Analysene som er gjort i dette prosjektet er beheftet med usikkerhet på flere områder. I avsnitt 6.2 presenterte vi hvilke elementer som er inkludert i sammenstillingen av de samfunnsøkonomiske kostnadene og hvilke som er utelatt. Dette er den kanskje viktigste begrensningen i analysene som presenteres i prosjektet.

I tillegg kommer usikkerhet når det gjelder beregning av de ulike kostnadselementene som inngår. Særlig er det knyttet stor usikkerhet til kostnadsfastsettelse av eksterne effekter av transport. Ubehag og fysiske og materielle skader som følge av f eks støy eller utslipp til luft er svært vanskelig å verdsette, og ulike kilder tar utgangspunkt i ulike forutsetninger og metoder som kan gi svært forskjellige resultater. I de følgende avsnitt vil vi fokusere mest på usikkerheten i denne

typen beregninger. I tillegg er det selvfølgelig knyttet usikkerhet til beregninger i NEMO av endringer i transportarbeid, omfanget av omlastinger og generaliserte transportkostnader i de ulike scenariene.

Svakheter ved bruk av utslipp pr tonnkilometer for vurdering av miljøkonsekvenser ved endret transportmiddelfordeling er diskutert i avsnitt 9.5.

### 8.2.2 Beregninger i NEMO

Problemer forbundet med å modellere godstransport og begrensninger som ligger i modellen i dag ble diskutert innledningsvis i rapporten. For det første bygger selve modellsystemet på en rekke forutsetninger, bl a at vareeier eller transportør har full informasjon om alternativene, at alle varer av en gitt varegruppe transporteres på samme måte mellom gitte soner, og at systemet som helhet minimerer sine kostnader. I tillegg forutsettes ubegrenset kapasitet på alle lenker og omlastingspunkter. Ved stor økning i f eks jernbanetransport kan det tenkes at en møter kapasitetsproblemer, jfr diskusjon i avsnitt 7.2.1.

Modellen er kalibrert slik at den skal gi et noenlunde riktig bilde av transportsituasjonen i dag. Foreløpig er likevel modellen for ny til at vi har hatt mulighet til fullt ut å teste hvor riktig modellen estimerer effekten av endringer i f eks kostnadsfunksjoner og infrastruktur. Vi kan derfor anta at analysene i dette prosjektet gir et noenlunde riktig bilde av retning, samt omtrentlig størrelsesorden på endringer i transportmiddelfordelingen på landsbasis. Nivået på endringene vil imidlertid være usikre, særlig dersom man ser på spesielle korridorer eller geografiske områder.

Kostnadsfunksjonene som de generaliserte transportkostnader er beregnet fra, er estimert på grunnlag av utvalgsundersøkelser. Det er klart at det er usikkerhet også rundt disse verdiene. For det første er oppbyggingen av kostnadsfunksjonene i modellen en grov forenkling i forhold til virkeligheten, både når det gjelder transportmidler og aggregeringen av varegrupper, og også selve funksjonsformen og hvilke parametre som inngår. For det andre vil det være usikkerhet i selve estimeringen av funksjonene. Usikkerheten som ligger i disse elementene er ikke kvantifisert.

### 8.2.3 Eksterne kostnader

Når det gjelder utslipp som forårsaker global oppvarming, avhenger kostnadene eller verdsettingen sterkt av hvilken målsetning man har for utslipp i framtida. Vår verdsetting av CO<sub>2</sub>-utslipp til 50 ECU (ca 400 kroner) pr tonn bygger på målsettingen om stabilisering av utslippene på 1990-nivå for de europeiske landene, og er anbefalt av ECMT (1998). Rapporten sier imidlertid at om målet om 15 prosent kutt til 2010 skal nås, et mål som ble forslått av EUs miljøvernministre i et møte i 1997, vil kostnadene dobles fra 50 ECU til 100 ECU.

Verdsetting av utslipp av karbondioksyd er også kostnadsberegnet på grunnlag av modellkjøringer med likevektsmodellen GODMOD (Jensen og Eriksen, 1997) ved TØI, der Kyoto-avtalen er lagt til grunn, det vil si en stabilisering 1 prosent over

1990-nivå i år 2010. I GODMOD er det beregnet at en avgift på 720 kroner pr tonn CO<sub>2</sub> er nødvendig dersom det er ønskelig å oppnå Kyoto-avtalens målsetting i Norge.

Dette betyr at verdsettingen av global luftforurensning i våre analyser muligens er for lav. En endring vil imidlertid ha liten innvirkning på sammenligningen mellom scenarier, men kostnader av global luftforurensning som andel av totale kostnader vil endres i alle scenarier.

Verdsetting av lokal forurensning bygger også på anbefalinger fra ECMT, som igjen bygger på kilder der man har beregnet skadekostnader av lokale utslipp for europeiske land. De ulike kildene spriker overraskende lite. Anbefalingene fra ECMT gir bedre mulighet for å verdsette hvert enkelt av stoffene som slippes ut enn tidligere beregninger ved TØI (Eriksen og Hovi, 1995), hvor utslippene verdsettes samlet. Eriksen og Hovi baserer seg på undersøkelser om folks betalingsvillighet for å få en bestemt reduksjon i forurensningen.

Dersom vi sammenligner disse to kildene når det gjelder kostnader pr tonnkilometer for lokal luftforurensning, finner vi imidlertid store avvik. I Eriksen og Hovi (1995) er kostnader for vegtransport (tunge godsbiler) knyttet til lokal forurensning beregnet til 0,137 kroner pr tonnkilometer. Med utgangspunkt i ECMT (1998) har vi ved hjelp av utslippskoeffisienter fra Flugsrud og Rypdal (1996) beregnet tilsvarende kostnader til 0,076 kroner pr tonnkilometer, dvs nesten en halvering. For transport på sjø og med jernbane er de marginale kostnadene knyttet til lokal luftforurensning satt til null i Eriksen og Hovi (1995), mens vi har 0,015 og 0,035 kroner pr tonnkilometer for henholdsvis jernbane og sjøtransport. Dersom vi i stedet hadde benyttet verdiene fra Eriksen og Hovi ville vridninger i transportmiddelfordelingen fra sjøtransport til vegtransport medført større økning av eksterne kostnader enn det vi har beregnet.

Støykostnader er også hentet fra ECMT, og baserer seg på betalingsvillighetsundersøkelser. Det samme gjør støykostnader beregnet i Eriksen og Hovi. En sammenligning viser at for vegtransport er verdiene svært like, i overkant av 0,07 kroner pr tonnkilometer i begge rapportene. Sjøtransporten antas ikke å gi støyplager. For godstransport på jernbanen er imidlertid verdien i Eriksen og Hovi (0,171 kroner pr tonnkilometer) vesentlig høyere enn i ECMT (0,049 kroner pr tonnkilometer).

Ulykkeskostnader er hentet fra Eriksen og Hovi, og baserer seg på medisinske, materielle og administrative kostnader, samt produksjonsbortfall. I tillegg beregnes kostnader for tapte liv og nedsatt helsetilstand ved hjelp av betalingsvillighetsundersøkelser.

I Eriksen og Hovi er det gjort beregninger av usikkerheten for de ulike eksterne kostnadene. Usikkerheten gjenspeiler kun den statistiske usikkerheten forbundet med betalingsvillighetsundersøkelsene som er benyttet. Det vil si at ikke noe av usikkerheten ved de fysiske beregningene kommer fram i denne undersøkelsen, dvs tekniske beregninger av støynivå, slitasje etc. Statistisk usikkerhet ved betalingsvillighetsundersøkelsene er satt sammen av to typer usikkerhet, utvalgsusikkerhet og måleusikkerhet, og er gjennomført av Elvik (1994).

I Eriksen og Hovi (1995) er det på grunnlag av dette beregnet 95 prosents konfidensintervall for totale eksterne kostnader pr tonnkilometer for de ulike transportmidlene. Dette vil ikke være det samme som usikkerheten i kostnadene som benyttes i dette prosjektet, fordi kildene og metodene delvis er forskjellige. Vi mener likevel at det kan gi et bilde av usikkerheten som ligger i beregning av denne typen kostnader. Den prosentvise usikkerheten varierte avhengig av transportmiddel, med en nedre grense av konfidensintervallet som utgjorde mellom 50 og 64 prosent av gjennomsnittet av de samlede marginalkostnader, mens øvre grense utgjorde fra 136 til 150 prosent av gjennomsnittet.

#### 8.2.4 Utslippsfaktorer

Hvilke miljøkonsekvenser som beregnes av en endret transportmiddelfordeling er også sterkt avhengig av hvilke utslippsfaktorer som brukes for de ulike transportmidlene. Vi har benyttet norske utslippsfaktorer basert på Holtskog og Rypdal (1997). Som et alternativ har vi sett på svenske utslippsfaktorer publisert i Flodström (1998). Disse er ikke direkte sammenlignbare med de norske, bl a pga ulik sammensetning av bilpark og skipsflåte. Det vil være forskjeller i størrelse, alder, drivstoffbehov (ulik topografi), vektbestemmelser etc. Generelt ligger de svenske utslippsfaktorene for sjøtransport lavere enn våre verdier, mens utslippsfaktorene for biltransport ligger høyere (38 prosent høyere kostnader av luftforurensning pr tonnkilometer for vegtransport, 21 prosent lavere for sjøtransport). For jernbanen er ikke de svenske verdiene egnet, da de ikke er differensiert på diesel- og el-drevet jernbane.

Konsekvensene ved å benytte svenske verdier er at resultatene viser vesentlig større miljøkonsekvenser ved overgang fra sjøtransport til vegtransport. F eks i scenario 3a, der godstransport på sjø kun tillates i de åtte nasjonale havnene, fant vi i vår opprinnelige analyse en økning i kostnadene knyttet til lokal luftforurensning på 13 prosent og global luftforurensning på 18 prosent. Med de svenske utslippsfaktorene blir tilsvarende økning hhv 25 og 22 prosent. De alternative utslippsfaktorene har også relativt store konsekvenser for resultatene i scenario 3d, der kun bulkprodukter fraktes med båt. I de andre scenariene er det kun små endringer. For alle scenariene gjelder imidlertid at nivået på kostnadene knyttet til luftforurensning vil være vesentlig høyere ved bruk av de svenske utslippsfaktorene. I basisalternativet vil de f eks øke med 17 prosent.

## 9 Nærmere om kystfartens miljøkonsekvenser

### 9.1 Innledning

Skipsfart har et relativt bredt spekter av miljøvirkninger, med utslipp til både luft og vann, samt andre effekter i farledene. Innenriks skipsfart i Norge er sammensatt og det gir seg utslag i stor variasjon i miljøkonsekvenser mellom ulike fartøys- og lastetyper. Sjøgående transport tilhører både de mest forurensende og de minst forurensende transportmidler. I følge Holtskog og Rypdal (1997) forbruker hurtigbåter 8,53 MJ pr passasjerkm (tilsvarer ca en kvart liter diesel) og det er langt høyere enn innenlandske rutefly (2,7 MJ) og privatbiler (1,6 MJ). Som kontrast nevner vi tank- og kombinertskip større enn 3000 bruttotonn. De forbruker 0,27 MJ pr tonnkilometer, som er svært lite sammenlignet med lastebiler med nyttelast 13 tonn og over (1,58 MJ) og jernbane (0,66 MJ).

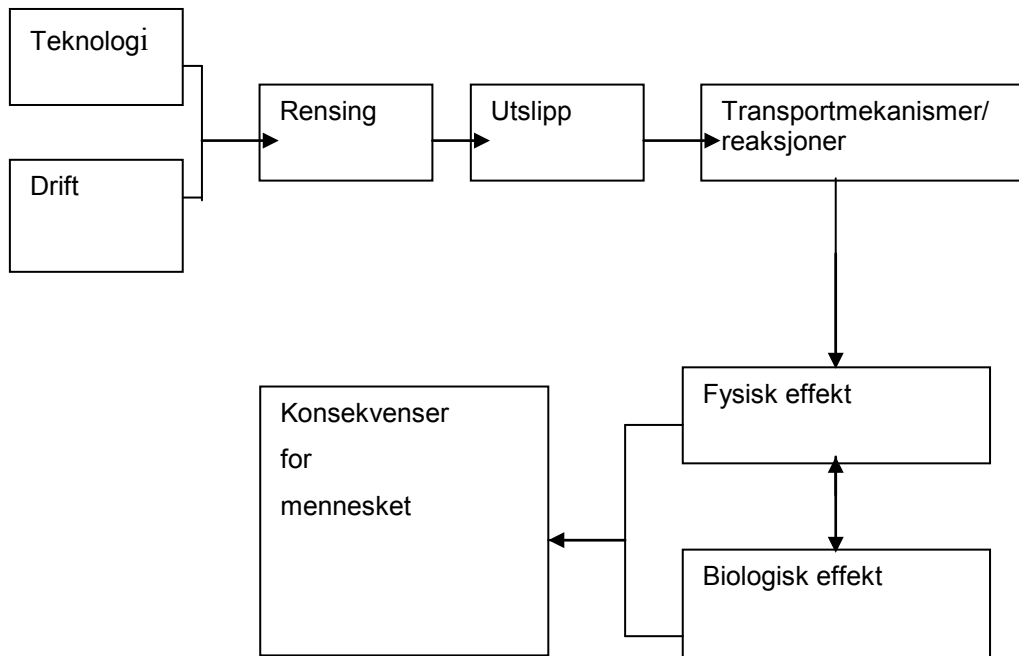
Når vi verdsetter miljøkonsekvenser i form av kostnader pr tonnkilometer, gjør vi en forenkling av transportsektoren og naturen som ikke nødvendigvis gir hensiktsmessige resultater. Vi fremskaffer tallmateriale på aggregert nivå for å gjøre det mulig å sammenligne ulike aktiviteter og konsekvenser. Om aggregeringen er for grov, går så mye informasjon tapt at tallmaterialet ikke lenger gir meningsfull informasjon og ikke fører til bedre beslutninger. I noen tilfeller fører informasjonstapet til at en effekt systematisk over- eller underestimeres. I andre tilfeller vil gjennomsnittsverdier kunne være dekkende på nasjonalt nivå, selv om det er relativt stor variasjon innen gruppen. Anvendelse av tallene på konkrete transportkorridorer vil imidlertid også her kunne gi misvisende resultater.

I dette kapitlet diskuterer vi miljøkonsekvenser av regulær drift i farledene. Konsekvenser av større ulykker eller vurdering av hele skipets livssyklus vil ikke bli diskutert. Ord som er understreket vil bli forklart eller utdypet i vedlegg 5. I siste avsnitt reiser vi noen problemstillinger i forbindelse med aggregering, særlig i forhold til vurdering av transportmidlenes eksterne effekter pr tonnkilometer.

### 9.2 Tilnæringsmåte og modell

For å belyse de ulike trinn fra økonomisk aktivitet til konsekvenser for mennesket vil vi ved hjelp av figur 9.1 beskrive en konseptuell modell for miljøkonsekvenser som er svært lik den som benyttes i Statens forurensingstilsyns LEVE prosjekt (Luftforurensninger, Effekter og Verdier). Med utgangspunkt i et konkret eksempel; utslipp til luft fra fremdriftsmaskineri, vil vi bruke modellen til å belyse egen-

skaper ved transportvirksomheten og naturen for å illustrere noen av de forenklinger som gjøres. Hvert av de ulike elementene i modellen er forklart under.



Figur 9.1. Konseptuell modell. Den viser prinsipiell tilnærming til utslipp for å belyse hva som påvirker utslippets størrelse og sammensetning og dets konsekvenser.

### Teknologi

Det finnes et bredt spekter fremdriftsmaskineri og skrogtyper med forskjellige egenskaper. Skrogets utforming påvirker energibehovet for å transportere lasten. Forskjellige motortyper har forskjellig virkningsgrad, og også forskjellig sammensetning av stoffer i avgassen. Renseteknologi reduserer utslipp, men hvilke metoder som kommer i bruk er i stor grad avhengig av kostnadsnivå, regelverk og avgiftsregimer.

### Drift

Jo hurtigere et skip beveger seg, jo høyere drivstofforbruk pr utseilt distanse. En tommelfingerregel, for eksempel gjengitt i Flodström (1998) antyder at forbruket øker med hastighetsøkningen opphøyd i tredje.

Skipets fremdriftsmotstand er i liten grad avhengig av lastemengde. Dette har delvis sin årsak i at skip uten last er avhengige av å medbringe ballast (i form av sjøvann i tanker) for å beholde sin stabilitet. Redusert utnyttelsesgrad øker derfor utslippet pr tonnkilometer.

Den viktigste forskjellen mellom de ulike brennstoff til dieselmotorer er dets svovelinnhold, men også cetantall (hvor lett den selvantenner inne i sylindren), innhold av benzen og andre skadelige stoffer varierer.



Vedlikeholds nivå kan påvirke skipets fremdriftsmotstand (begroing av skroget) og maskineriets virkningsgrad og utslippssammensetning. I tillegg reduseres driftssikkerheten ved dårlig vedlikehold, slik at ulykkesrisikoen øker.

### **Utslipp**

Utslipssted og tidspunkt påvirker i stor grad konsekvensene av de regionale og lokale utslippene. Lokale effekter avhenger av bakgrunnskonsentrasjoner av stoffene på stedet, naturens sårbarhet og antall eksponerte mennesker. Klimatiske forhold og topografi påvirker hvordan utslippene transporteres. Om de faller ned over hav, vil de i de fleste områder ha ubetydelig effekt, men effekten vil være større om de faller ned over land.

### **Transportmekanismer og reaksjoner**

Noen stoffer har skadelige effekter i den form de slippes ut. Disse kalles *primære* luftforurensninger. Andre har skadelige effekter etter å ha gjennomgått reaksjoner i atmosfæren og kalles *sekundære* luftforurensninger. Transportmekanismene påvirkes i særlig grad av vindretning, atmosfærisk stabilitet (for eksempel inversjoner, som reduserer luftutveksling og dermed transport vesentlig), topografi og nedbørsforhold. Stoffene kan avsettes enten ved at partiklene langsomt faller til bakken (tørravsetninger), eller ved at de fjernes fra atmosfæren ved dannelse av nedbør og avsettes i form av regn eller snø (våtavsetninger). Det vesentligste bidraget kommer som våtavsetning, så store mengder avsettes i nedbørrike områder, for eksempel i sør-vest Norge.

### **Fysisk effekt**

Avsetningene påvirker eksponeringsområdet på forskjellige måter. Med fysisk effekt menes de endringer i konsentrasjoner som utslippet forårsaker og de fysiske konsekvenser det har, f.eks. endret pH, utvasking av giftstoffer eller næringsstoffer fra jordsmonn, forvitring og korrosjon mv. Effektene kan først bli synlige etter en tid, fordi naturen har en viss stabilitet eller toleranse i forhold til påvirkningen, eller fordi effektene kommer i flere trinn.

### **Biologisk effekt**

Fysiske endringer påvirker biologien. Endringene beskrevet i forrige avsnitt vil kunne føre til redusert plantevekst eller endret artssammensetning, eutrofiering og giftvirkninger i fjorder, elver og innsjøer. Også de biologiske effektene kan først bli synlige etter lang tid, fordi giftstoffene akkumuleres og ikke får synlig effekt før de har nådd en viss konsentrasjon, eller fordi det bare er visse deler av livssyklusen som rammes, for eksempel forplantningen.

### **Konsekvenser for mennesket**

Ved verdsetting og annen vurdering av effekter tas utgangspunkt i konsekvenser for mennesket. Enten direkte ved påvirkning av menneskets helse, eller indirekte ved at endringer påfører oss økonomiske kostnader ved f.eks. skade på bygninger, eller på andre måter forringer naturens evne til å betjene våre behov. Det kan være rekreasjonsverdi og estetiske kvaliteter eller biologisk mangfold og etterfølgende generasjoners muligheter for livskvalitet.

### 9.3 Avgrensninger ved vurdering av miljøkonsekvenser

Ved vurdering av miljøkonsekvenser må man foreta en del kategoriseringer og avgrensninger. Noen av dem er diskutert nedenfor.

#### Lokale, regionale og globale effekter

Miljøkonsekvenser deles ofte inn i ovenstående kategorier, men begrepene kan være diffuse. Følgende beskrivelse er hentet fra SSB (1998):

”Utslipp av forurensende stoffer til luft kan ha lokale, regionale og globale skadevirkninger. Lokale effekter av utslipp oppstår i avgrensede områder med store utslipp, f.eks. byer og tettsteder, og er særlig knyttet til virkningene på menneskers helse. Dette gjelder i første rekke utslippskomponenter som nitrogenoksider, partikler og flyktige organiske komponenter. De største regionale problemene er forsurening av vann og jord og vegetasjonsskader. De viktigste utslippskomponentene er svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk. De globale effektene er nedbrytning av ozonlaget og klimaendringer. Det er først og fremst gasser med klor- og bromforbindelser som har innvirkning på ozonlaget.”

Vi ser at noen stoffer eller stoffgrupper har både lokale og regionale effekter (f.eks. SO<sub>2</sub>), noen har regionale og globale (metan), mens noen har alle tre typer effekter (NO<sub>x</sub> i stratosfæren bryter ned ozonlaget). Andre stoffer igjen har effekter som kan klassifiseres kun innen en enkelt gruppe; partikler har i hovedsak lokale effekter, CO<sub>2</sub> globale. Et NO<sub>x</sub>-molekyl fra skipseksos kan *enten* transporteres til tettsteder og ha helse-effekter, det kan avsettes i form av sur nedbør og ha regionale effekter *eller* det kan transporteres oppover i atmosfæren og ha globale effekter. I de større byene kan langtransportert NO<sub>x</sub> på belastede dager alene føre til helseskader (Slørdal, 1998).

Vi ser altså at samme stoff kan ha svært forskjellige effekter. Selv om skip ofte trafikkerer områder i stor avstand fra mennesker vil langtransporterte stoffer fra skip bidra til negative effekter som normalt omtales som lokale skadevirkninger. Dette kompliserer vurderingen av skadevirkningene.

Tidligere i denne rapporten er det kun skilt mellom globale og lokale effekter, der de globale dekker kostnader ved utslipp av CO<sub>2</sub>-utslipp, metan og N<sub>2</sub>O. Lokale effekter er kostnader knyttet til utslipp av SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og flyktige organiske forbindelser, samt støv og partikler.

#### Norge og utlandet

CO<sub>2</sub> har globale effekter, og vil ha samme konsekvenser uansett hvor det slippes ut.

Mange av utslippene med regionale effekter er i vesentlig grad (80-90 prosent) langtransportert til Norge, og utslippene i Norge vil i tilsvarende grad transporteres ut av Norge. For eksempel vil utslipp fra skip i mindre grad enn transportutslipp på land ramme Norge, og det må avgjøres om det medfører at utslippene skal behandles forskjellig.

### **Transportkjede**

Skal utslipp bare vurderes for den aktuelle transportform, eller skal man bruke dør-til-dør betraktninger og inkludere energiforbruk og miljøkonsekvenser ved omlastinger og fra de andre transportmidlene i transportkjeden? Flodström (1998) gir anslag over energiforbruk og luftutslipp pr tonn last ved omlastinger og ved vurdering av helhetlige transportkjeder. Flugsrud og Rypdal (1996) gir anslag over totale utslipp i norske havner fra forskjellige kategorier fartøy.

### **Normal drift og lovbrudd**

En del av miljøkonsekvensene fra skipstrafikk oppstår ved normal drift, mens andre innebærer brudd på gjeldende lover og regelverk. Særlig kan nevnes ulovlig dumping av søppel og lensing av oljeholdig vann/rengjøring av tanker som har et vesentlig omfang. Skal disse konsekvensene behandles som ordinære miljøkonsekvenser eller holdes utenfor virkningsberegninger og behandles som kriminalitet?

Sammenligning med vegsektoren er nærliggende. For en del ulykker er ulovlig høy hastighet medvirkende eller utløsende årsak, men selv om hastigheten er høyere enn fartsgrensen registreres hendelsen som ulykke og kommer i statistikken som sådan. Det er tilsvarende ved miljøulykker som skyldes ulovlige mangler ved kjøretøyet. Et annet moment som taler for å inkludere lovbrudd i miljøkostnadene er at de er en konsekvens av transportformen uansett hvilken årsak de har og at det vil kunne oppstå endringer også i disse miljøkonsekvensene ved overført trafikk.

### **Tilhørende aktiviteter**

Et skip er et helt samfunn, og det foregår mange aktiviteter der som ikke direkte kan sammenlignes med andre transportmidler. Om ulykker og miljøskader på sjøfolk mens de utfører vedlikeholdsarbeid eller lager mat belastes skipsfart, mens tilsvarende konsekvenser på land belastes verkstedsektoren eller hotell- og restauransektoren blir ikke regnestykkene sammenlignbare. Noen av ulykkene som rammer på sjøen er direkte relatert til transportvirksomheten, for eksempel grunnstøtinger, mens andre i samme grad kunne skjedd på land, for eksempel skader under vedlikehold eller i byssa.

### **Energiforbruk**

I tillegg til den energi som brukes for å flytte transportmiddelet fremover, går det med energi til å utvinne og transportere energibæreren frem til raffinering, samt å produsere og distribuere drivstoffet. Om det er store forskjeller i energibehov for produksjon av drivstoff til landtransport og skipsfart bør det komme inn i vurderingen av konsekvenser ved å overføre transport.

Skip bunkrer ofte ved store tankanlegg. Da unngår man distribusjonsleddet fra tankanlegg til bensinstasjoner. Dette reduserer miljøkonsekvensene av drivstoff brukt i skipsfart noe i forhold til drivstoff brukt i vegtransport.

Energi er også nødvendig for produksjon av selve transportmiddelet, samt dets infrastruktur. For tog oppgir Høyer og Heiberg (1993) at dette omfatter 30 prosent av transportmidlets totale energiforbruk. Det er derfor et ikke uvesentlig poeng for vurderingen at skipets infrastruktur i mindre grad er energikrevende å bygge og vedlikeholde enn landtransportens.

## 9.4 Miljøkonsekvenser av skipstransport

### 9.4.1 Utslipp til luft

Av miljøkonsekvensene fra skipsfart er utslipp til luft de vesentligste. Disse er sammenstilt i tabell 9.1.

Tabell 9.1. Nasjonale utslipp til luft i 1994. Totale utslipp og utslipp fra transport i 1000 tonn, CO<sub>2</sub> i mill tonn.

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NM-VOC	CO	Partikler
<b>Totalt</b>	37,8	466,7	14,3	34,3	222,0	364,8	864,5	25,2
<b>Transport</b>	11,8	1,8	0,9	3,9	123,2	78,6	591,8	4,8
<b>Kysttrafikk</b>	2,0	0,1	0,1	1,4	42,9	1,5	1,8	0,4

Kilde: Holtskog og Rypdal (1997).

Vi ser at sjøtransport står for 5,3 prosent av de totale CO<sub>2</sub>-utslipp, 4,1 prosent av de totale SO<sub>2</sub>-utslipp, 19,3 prosent av de totale NO<sub>x</sub>-utslipp og 1,6 prosent av totale partikkelutslipp.

Utslipp til luft fra skipstrafikk har en annen sammensetning enn utslipp fra landtransport. Selv om vi forutsetter at skipene bruker dieselolje, som har vesentlig lavere svovelinnhold enn spesialdestillat og tungolje, vil de slippe ut i størrelsesorden dobbelt så mye NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> som lastebiler, men vesentlig mindre CO, NMVOC, N<sub>2</sub>O og partikler pr mengde forbrent brennstoff (Holtskog og Rypdal, 1997). Forskjellene skyldes annen forbrenningsteknologi, med høyere maksimaltemperaturer og lengre oppholdstid i motoren.

Skip beveger seg i mindre grad enn biler og tog i nærheten av tettsteder og vil derfor i mindre grad bidra til lokale luftforurensninger. Havnevirksomhet, omlasting og videre transport på land har imidlertid slike effekter.

Skipsfart bidrar i liten grad til nedbrytning av ozonlaget, selv om halon til brannslukking, og freon til kjøleanlegg har svært negative konsekvenser. Disse stoffene er imidlertid under utfasing.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), også kalt tjærestoffer, og dioksiner kan dannes ved forbrenning av fossilt brennstoff. Disse stoffene er kreftfremkallende. Utslippene påvirkes av forbrenningsprosess, og det hersker usikkerhet i forhold til både kvantiteter og årsaker til utslippene.

### 9.4.2 Andre konsekvenser

Alle transportformer har sine særtrekk og sine spesielle miljøkonsekvenser. Vi vil kort gjennomgå noen av skipstransportens øvrige miljøkonsekvenser, dvs utover utslipp til luft.

#### **Bunnstoff**

Begroingshindrende midler på skipsskrog er vesentlig for å redusere drivstofforbruk, øke skipets hastighet og øke seilingstiden mellom nødvendig dokking. Tett

begroing vil kunne øke skipets fremdriftsmotstand med 50-100 prosent og dermed øke brennoljeforbruk og redusere hastighet (Undrum, 1994).

I dag brukes i hovedsak to tilsetningsstoffer i bunnstoffet; tributyltinn (TBT), som er en organisk tinnforbindelse, og kobber. TBT er en svært giftig hormoner. Det er fra 1989 forbudt å bruke TBT på båter kortere enn 25 m. Ifølge tidsskriftet Samferdsel (nr 10, 1998) har FN's skipsfartsorganisasjon IMO's miljøkomite MEPC vedtatt en resolusjon som vil forby bruk av TBT som bunnstoff på båter. Resolusjonen går ut på at det skal vedtas en ny global konvensjon med forbud mot ny bruk av TBT innen 1. januar 2003, og totalforbud mot TBT som bunnstoff på skip innen 1. januar 2008.

Kobber var tidligere dominerende, og er igjen ferd med å overta som tilsetningsstoff ettersom det iverksettes tiltak mot TBT. Kobber er giftig for en god del vannlevende organismer og kan akkumuleres i vev. Tilsvarende giftvirkninger er ikke dokumentert for mennesker. Fritt kobber i sjøvann omdannes relativt hurtig.

### **Avfall**

Avfall fra skip omfatter husholdningsavfall (f eks mat, papir og plast), avfall fra drift (f eks emballasje, kjemikalier og skyllevann fra kjemikalietanker), samt spillolje. Skadevirkninger fra avfall skyldes i hovedsak lovbrudd, siden det er totalforbud mot dumping av plast, og forbudt å lense vann over bord om det inneholder olje- og kjemikalierester i noen grad. Ulovlig dumping indikeres både av observasjoner av SFT og de enkelte kommuner i belastede farleder, og av at avfallsmengdene levert til land varierer med de forskjellige lands avgiftsregimer.

En del fartøy har søppelforbrenningsanlegg av tilsvarende kvalitet som de man finner på land, andre har anlegg av lavere kvalitet, eller mangler helt forbrenningsanlegg. Dersom de leverer sitt avfall til mottaksanlegg er miljøkonsekvensene av avfallet tilsvarende som ved landtransport. Kjemikalieavfall oppstår særlig ved rengjøring av tanker.

Mens verdens totale oljeutslipp reduseres, øker antallet mindre utslipp som rapporteres. I 1992 var oljeutslipp fra separering av bunkers større enn utslippene fra skipshavarier. Flere små utslipp har større konsekvenser enn samme oljemengde i ett enkelt utslipp. I tillegg til tilgrising av strandområder fører utslippene til skade på sjøfugl, sjøpattedyr, larver, egg og plankton.

### **Kloakk**

Utslipp av ubehandlet gråvann (fra vasker, dusjer, bysse) og sortvann (fra toaletter) fra skip tilfører havet næringsstoffer og bakterier, og kan forurense strandsoner. Næringstilførsel er uproblematisk til havs, men medfører miljøskade i belastede farvann, som for eksempel Nordsjøen og Oslofjorden. I tillegg er det økende fokus på alkylfenoler, en bestanddel i en del rengjøringsprodukter.

Annex IV i Marpol (IMO, 1997) om regulering av kloakkutslipp fra skip er enda ikke ratifisert, så det finnes ingen internasjonal regulering. Et økende antall kyststater har imidlertid egne regelverk for utslipp i lokale farvann. Problemet er avtagende siden en stadig større andel av skipsflåten utstyres med kloakkrensaneanlegg.

### **Støy**

Støy kan gi hørselsskader, virke forstyrrende og bidra til stress og søvnproblemer. I tillegg kan støy i belastede leder virke forstyrrende på dyrelivet. Støy fra skip i leden er ikke av en slik størrelsesorden at fysiske skader oppstår og siden skip passerer relativt sjeldent og de viktigste kilder til støyklager i ledene (hurtigbåttrafikk og fritidsbåter) har liten aktivitet om natten er det usannsynlig at søvnforstyrrelser og stress er noe vesentlig problem. Vi har vært i kontakt med kommuneleger og miljøvernkonsulenter i særlig belastede områder (Oslofjorden, innseilingen til Glomma, Karmøy), men ikke fått rapportert slike støyvirkninger. Lasting og lossing medfører imidlertid støyproblemer i havn. Det er en tendens at mennesker nær mer trafikkerte leder ikke oppfatter seg plaget, men at mennesker ved lokale leder, særlig i forbindelse med ny trafikk, blir plaget. En mulig årsak kan være at graden av plage henger sammen med opplevelse av rettigheter, og at ny trafikk i større grad er en krenkelse av den rett man føler man har til stillhet. Eksisterende trafikk er tross alt tatt hensyn til når man har valgt lokalisering av bolig eller ferie-sted.

### **Bølger og strøm**

Også her er hurtigbåter (i tillegg til marinen og fritidsbåttrafikken) hovedårsak til skader. Oppdrettsanlegg, fortøyde båter og båter i trafikk rammes. Særlig hurtigbåter genererer strøm som kan påvirke bunnliv i grunne eller trange farvann. Strøm kan også virvle opp giftholdige sedimenter. Økende trafikk i leden øker også nødvendig frekvens for oppmudring (de steder det er aktuelt), noe som er en miljøbelastende aktivitet.

### **Estetikk og utrygghet**

Selv om mange av skipstrafikkens effekter oppleves negativt estetisk (f eks oljesøl, containerhavner mv), oppleves skipstrafikken i seg selv av mange som positiv (se f eks det store antall fotografier av Hurtigruten). Skipsfart er et symbol på aktivitet og historie. Det samme gjelder navigasjonstekniske installasjoner som varder, lykter og fyr. Virksomheten i selve havnen er imidlertid mer omstridt og fører til klager og lokaliseringsstrid.

Skipstrafikk kan ha konsekvenser for folks atferd og trygghetsfølelse. Den kan føre til at man unngår ferdsel i trafikkerte skipsleder, eller opplever redsel ved slik ferdsel.

### **Bruk av infrastruktur**

Økende transport med skip erstatter trafikk på belastet infrastruktur på land og vil dermed øke fremføringshastighet og redusere miljøproblemer for landtransporten. Dersom havnene er sentralt plassert i by vil eventuell videre transport i mange tilfeller måtte gå på belastede veier.

### **Innførsel av fremmede organismer**

Fremmede organismer, særlig dyreplankton og kieselalger, er oppdaget innført til en rekke land i verden. De kan medbringes på skipets skrogoverflate og i kjølesystemet, men særlig er ballastvann omtalt som problem. Daglig transporteres rundt 3000 arter over verdenshavene og en ny art etablerer seg hver dag (Carlton og Geller, 1993). De innførte artene kan føre til skade på, eller utrydding av, lokale

arter, eller skade kommersielle interesser ved at oppdrettsanlegg eller muslingfarmer skades.

## 9.5 Svakheter ved bruk av gjennomsnittstall for utslipp ved vurdering av miljøkonsekvenser

- Konsekvensene varierer med utslippssted, siden transportmekanismer, naturens sårbarhet og antall eksponerte individer varierer. Videre påvirkes effektene av et stoff av eksponering over tid og av tilstedeværelsen av andre forurensingskomponenter. Et tonn NO<sub>x</sub> fra én transportform kan ikke alltid sammenlignes med tilsvarende utslipp fra annen transport. Det bør derfor differensieres i forhold til utslippssted, f.eks. om utslipp foregår i tettsted eller spredt bebyggelse, og om det er et område der tålegrenser eller luftkvalitetskriterier er overskredet.
- Det er stor variasjon mellom transportmidler innen samme gruppe. Nasjonale gjennomsnittstall kan gi store feil ved sammenligning av enkeltområder eller transportkorridorer. Det konkrete tilfelle bør derfor i prinsippet analyseres på selvstendig grunnlag.
- Driftsformer påvirker i stor grad miljøkonsekvensene. Særlig varierer kapasitetsutnyttelse mellom ulike transportoppgaver.
- Det hersker usikkerhet om størrelsen på utslippene, om sammenheng mellom utslipp og konsentrasjoner og om de konsekvenser utslippene har. Denne usikkerheten varierer for de forskjellige transportformer, siden datakilder har forskjellig kvalitet og forskjellig alder. I dag er kunnskap om transport på veg bedre enn om sjøtransport. Om nye tall for vegtransport sammenlignes med eldre tall for sjøtransport oppstår skjevheter. Skjevhetene kan delvis oppstå fordi de nyere tallene kan dekke flere effekter, delvis fordi utviklingstrender endrer utslippsparemetre eller andre faktorer over tid.
- Så lenge verdsetting av utslippskonsekvenser er et omdiskutert og problematisk fagområde eksisterer det ofte intet godt verktøy for å vurdere ulike miljøkonsekvenser opp i mot hverandre, for eksempel om man ønsker å vurdere øket partikkelutslipp opp i mot redusert NO<sub>x</sub>-utslipp ved overgang fra et transportmiddel til et annet. Sammenligning i forhold til antall plagede eller antall persondøgn med overskridelse av luftkvalitetskriterier kan f.eks. være supplerende verktøy.
- Det er viktig at sammenligningene blir så reelle som mulig. Forskjellige transportmidler har forskjellige egenskaper. Hastighet, komfort, avgangshyppighet, lastekapasitet og avhengighet av infrastruktur varierer mellom transportmidlene. Forskjellige transportmidler frakter derfor i stor grad forskjellig type last og vurdering av konsekvenser ved å overføre et tonn gjennomsnittslast fra en gjennomsnittslastebil til et gjennomsnittsskip gir ikke nødvendigvis gode resultater.
- Forskjellige transportformer omfatter forskjellige aktiviteter og har forskjellige avgrensninger, både i forhold til hvilke transportoppgaver som løses (terminal-

til-terminal eller dør-til-dør) og bruk av energi og infrastruktur. En sammenligning kun av eksterne effekter pr tonnkilometer direkte for transportene, uten også å vurdere hvilke aktiviteter som inngår eller hvilken ressursbruk transportformen har i bredere sammenheng, vil derfor i enkelte tilfeller være for upresist.

- Tonnkilometer som uttrykk for transportarbeid har i seg selv en del svakheter. Vi vil her kort nevne noen:

- Last har forskjellig tetthet (vekt pr volumenhet) og ofte er det volum og ikke vekt som begrenser lastekapasiteten. Kanskje kunne kubikkmeter-kilometer være et bedre uttrykk i visse sammenhenger?
- En transport består i lasting, transport og lossing. Hvis en kun ser på transportarbeidet i form av tonnkilometer vil et tonn transportert 10 km være likeverdig med 10 tonn transportert 1 km. Sistnevnte løsning fører imidlertid til større energiforbruk ved lasting og lossing, som er viktig å få med i beregningene.
- Transportarbeid vurderes vanligvis i forhold til utkjørt eller utseilt distanse. En større omveg, for eksempel fordi transportmiddelet kjører faste ruter, fører til at statistikken indikerer at det er utført et større transportarbeid enn det egentlig ønskelige. Om det eksisterer systematiske forskjeller mellom transportmidlene kan dette gi feilestimer på konsekvensene av overført transport.



# Litteratur

- Andresen K og Bjørnland D (1996):  
*Nasjonale godstransporter i Sørvest-Norge*. Agderforskning, juni 1996. FoU rapport nr 8/96.
- Barlaup T L (1998):  
*Norsk kystfart, en kunnskapsoversikt*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1099/1998.
- Barret K og Berge E (1993):  
*Air pollution geography of Norwegian nitrogen and sulfur emissions, and their contributions to depositions in North-West Europe*. Oslo, Det Norske Meteorologiske Institutt: Technical Report no. 121, 1993.
- Bjørnland D og Langeland A (1996):  
*Godsomslaget over havner i Sørvest-Norge*. Agderforskning, juni 1996. FoU rapport nr 9/96.
- Bjørnland D m fl (1996):  
*Total godstransport i Sørvest-Norge*. Agderforskning, august 1996. FoU rapport nr 16/96.
- Bjørnland D m fl (1996):  
*Fremtidig godstransport i Sørvest-Norge*. Agderforskning, oktober 1996. FoU rapport nr 20/96.
- Brevik m fl (1995):  
*Er norsk kystvann generelt forgiftet ved tilsetningsstoffer i skipsmaling?* Norsk institutt for vannforskning. Årsberetning 1995: 9-12.
- Bøe K, Eidhammer O, Madslie A og Ristesund E (1998):  
*Havnene i Oslofjorden. Strukturtrekk, godsomslag og trafikkmønster*. Oslo, Transportøkonomisk institutt, TØI-notat 1118/1998.
- Carlton J T og Geller J B (1993):  
*Ecological Roulette: The global transport of nonindigenous marine organisms*. Science 261: 78-82.
- De Jong G (1996):  
*Freight and Coach VOT studies*. Paper til et PTRC-seminar: Value of Time Seminar 29-30 October 1996.
- Det Norske Veritas (1997):  
*Miljødifferensierte avgifter for skipsfarten*. Technical Report 97-0212.

- Eidhammer O, Pettersen I og Virum H (1996):  
*Transport- og logistikkmarkedet i Norge. Strukturer, drivkrefter og konkurransevne.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 339/1996. ISBN 82-7133-989-3.
- Elvik R (1993):  
*Hvor mye er unngåtte trafikkulykker verd for samfunnet?* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 193/1993. ISBN 82-7133-818-8.
- Elvik R (1994):  
*The External Costs of Traffic Costs: Definitions, Estimations and Possibilities for Internalization. Accident Analysis and Prevention.* Vol 26, 719-732. New York.
- Eriksen K S og Hovi I B (1995):  
*Transportmidlenes marginale kostnadsansvar.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1019/1995.
- European Conference of Ministers of Transport (1998):  
*Efficient Transport for Europe. Policies for Internalisation of External Costs.* Paris, OECD. ECMT Report 1998.
- Flodström E (1998):  
*Environmental assessment of freight transportation.* Göteborg, MariTerm AB. KFB report 1998:15.
- Flugsrud K og Haakonsen G (1998):  
*Utslipp fra utenlandske skip i norske farvann 1996 og 1997.* Oslo-Kongsvinger, Statistisk sentralbyrå. Rapport 98/22.
- Flugsrud K og Rypdal K (1996):  
*Utslipp til luft fra innenriks sjøfart, fiske og annen sjøtrafikk mellom norske havner.* Oslo-Kongsvinger, Statistisk sentralbyrå. Rapport 96/17. ISBN 82-537-4321-1.
- Fridstrøm L og Madslie A (1995):  
*Engrosbedrifters valg av transportløsninger.* Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1995. TØI-rapport 299/1995. ISBN 82-7133-948-6.
- Fowkes A S og Toner J (1998):  
*STEMM Ideal Freight Model Shell. Recent Evaluations of the Determinants of Freight Mode Choice.* Leeds, Institute for Transport Studies (ITS), 1998. Annex-G i rapportserie fra EU-prosjektet STEMM.
- Fuglum A og Johansen S (1996):  
*Havnene på Østlandet: Infrastruktur og godsstrømmer.* Nesbru/Oslo, Fuglum AS og NIBR.
- Hagen K E (1997):  
*Ulykkeskostnader for jernbanen.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1081/1997.

- Heimdal S I og Brekken E (1998):  
*Input Data for the STAN North Sea Case Study. Transport Cost Functions.*  
Trondheim, Marintek, 1988. Annex-K i rapportserie fra EU-prosjektet  
STEMM.
- Heimdal S I og Remman T (1997):  
*Innenriks godstransport med rutegående skip 1994.* Trondheim, MARINTEK,  
1997. Rapport SF 630310.00.01.
- Heimdal S I m fl (1994):  
*Verktøy for analyse av kombinerte sjø- og landtransporter.* MARINTEK,  
Trondheim, 1994. MT 232305.00.01.
- Holtskog S og Rypdal K (1997):  
*Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge.* Oslo-Kongsvinger,  
Statistisk sentralbyrå. Rapport 97/7.
- Hop Ø (1995):  
*Organisering av norske trafikkhavner.* Oslo, Transportøkonomisk institutt.  
TØI-rapport 286/1995. ISBN 82-7133-926-5.
- Hovi I B (1998):  
*Nyttekostnadsanalyse for Oslo havn og to alternative havneløsninger.* Oslo,  
Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 407/1998. ISBN 82-480-0066-4
- Høyer K G og Heiberg E (1993):  
*Persontransport, konsekvenser for energi og miljø.* Sogndal,  
Vestlandsforskning: Rapport 1/93.
- IMO (1997):  
*Marpol 73/78, consolidated edition, 1997.* London, International Maritime  
Organization: 1997.
- Ingebrigtsen S, Madslie A og Sætermo I A F (1997):  
*Nasjonal nettverksmodell for godstransport (NEMO).* Oslo,  
Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 348/1997. ISBN 82-7133-999-0.
- Ingebrigtsen S m fl (1997):  
*Dokumentasjon av NEMO – Versjon 1.* Oslo, Transportøkonomisk institutt.  
TØI-notat 1063/1997 (samling av arbeidsdokumenter utarbeidet i forbindelse  
med modellutviklingsarbeidet).
- INRO (1997):  
*STAN Users's Manual.* Software Release 5. INRO, Montréal, Canada, 1997.
- IPCC (1996):  
Climate change 1995 – The science of climate change: Summary for  
policymakers and technical summary of the Working Group 1 report. Cambridge  
University Press.
- Jean-Hansen V (1992):  
*Konsekvenser av krav til NO<sub>x</sub>-utslipp i innenriks sjøfart.* Oslo,  
Transportøkonomisk institutt, 1992. TØI-rapport 155/1992.  
ISBN 82-7133-774-2.

- Jensen T (1993):  
*En generell likevektsmodell for godstransportanalyser*. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1993. TØI-rapport 163/1993. ISBN 82-7133-780-7.
- Jensen T og Eriksen K S (1997):  
*GODMOD-3. En makroøkonomisk modell for transportanalyser*. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1997. TØI-rapport 345/1997. ISBN 82-7133-996-6.
- Lea R og Lindjord J E (1996):  
*Kostnader og effektivitet i norske trafikkhavner*. Oslo, Transportøkonomisk institutt, desember 1996. TØI rapport 344/1996. ISBN 82-7133-995-8.
- Lundin M (1995):  
*Modell för simulering av godsflöden*. Stockholm, Temaplan, 1995.
- Madslie A, Jule R og Jean-Hansen V (1998):  
*Grunnprognoser for godstransport 1996-2020*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1116/1998.
- Madslie A, Skarstad O og Fridstrøm L (1994):  
*Trafikkberegningsmodell for NSB Gods - En forstudie*. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1994. TØI-rapport 238/1994. ISBN 82-7133-870-6.
- Madslie A og Ryntveit G O (1998):  
*Havnenes rolle i transportkorridorer. Kunnskapsstatus og problemstillinger*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1093/1998.
- Madslie A, Skarstad O (1992):  
*Transportanalyse for kyststamvegen Kristiansand-Trondheim*. Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1992. TØI-rapport 112/1992. ISBN 82-7133-725-4.
- Minken H, Madslie A og Christensen P (1996):  
*Nyttekostnadsverktøy for tiltak i fiskerihavner, farleder og trafikkhavner*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 336/1996. ISBN 82-7133-986-9.
- Minken H (1997):  
*Næringslivets nytte av raskere og mer pålitelig godstransport*. Metodegrunnlag. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 347/1997. ISBN 82-480-998-2.
- Minken H, Lindjord J E og Skarstad O (1994):  
*Nyttekostnadsanalyse av Stad skipstunnel*. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 268/1994. ISBN 82-7133-906-0.
- Norges Naturvernforbund (1992):  
*Skipsavfall. Problembeskrivelse med forslag til løsning*. Rapport nr 5/92.
- Norsk Havneforbund (1997):  
*Havnestatistikk*. Tabell over godsomslag i havnene 1996 og 1997.

- NOU 1997: 27  
*Nyttekostnadsanalyser. Prinsipper for lønnsomhetsvurderinger i offentlig sektor.* Oslo 1997.
- Oslo Havnevesen (1998):  
*Transport, havn og miljø. En strategi for miljøvennlig godstransport.* Oslo kommune, Havnevesenet.
- Plan- og bygningsetaten, Oslo kommune (1997):  
*Fjordby eller Havneby? Utredning om Oslos havne- og sjøside.* Hovedrapport og delutredning 1-7. Oslo, Plan – og bygningsetaten 1997.
- Rideng A (1998):  
*Transportytelser i Norge 1946-1997.* Oslo, Transportøkonomisk institutt, 1998. TØI-rapport 397/1998. ISBN 82-480-0054-0.
- Ryntveit G O (1996):  
*TFs havneundersøkelse 1996 - resultater og konklusjoner.* Innlegg på TFs havnekonferanse 1997.
- Skarstad O (1996):  
*Konkurransflater i godstransport 1994.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 323/1996. ISBN 82-7133-969-9.
- Skarstad O (1994):  
*Nytt avgiftssystem for dieseldrevne kjøretøyer.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-rapport 236/1994. ISBN 82-7133-868-4.
- Slørdal L H (1998):  
Eksponering til luftforurensning i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Beregninger av NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> for vinteren 1995-1996. NILU Rapport nr 738/98.
- Statens forurensningstilsyn (1996):  
*Avlingstap som følge av bakkenært ozon. Vurderinger for perioden 1989-1993.* Oslo, Statens forurensningstilsyn: Rapport 97:02/Naturens Tålegrenser, Fagrapport 86.
- Statistisk sentralbyrå (1998):  
*Naturressurser og miljø 1998.* Oslo-Kongsvinger, Statistisk sentralbyrå.
- Statistisk sentralbyrå (1998):  
*Sjøfart 1997.* Oslo-Kongsvinger, 1998. ISBN 82-537-4570-2.
- Statistisk sentralbyrå (1997):  
*Naturressurser og miljø 1996.* Oslo, Statistisk sentralbyrå, 1997.
- Statistisk sentralbyrå (1998):  
*Utenrikshandelsstatistikken 1997.* Datafiler. Oslo, 1998.
- St meld nr 21 (1994-95):  
*Stamveg Kristiansand-Bergen-Trondheim.* Samferdselsdepartementet 1994-95.
- St meld nr 46 (1996-97):  
*Havner og infrastruktur for sjøtransport.* Fiskeridepartementet.
- Sælensminde K og Hammer F (1994):  
*Verdsetting av miljøgoder ved bruk av samvalgsanalyse. Hovedundersøkelse.*

Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 251/1994.  
ISBN 82-7133-887-0.

TetraPlan (1997):

*Anvendelse av beregningsmodel til beskrivelse av kvalitetsfaktorer.* TetraPlan, København, 1997.

Thune-Larsen H (1991):

*Teknologiske perspektiver for energieffektivitet og klimagassutslipp i transport 1985-2025.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 991/1991.

Thune-Larsen H (1995):

*Kostnader ved utslipp til luft fra samferdsel i Norge.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1011/1995.

Thune-Larsen H og Madslie A (1996):

*Energieffektivitet og utslipp i transport.* Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI-notat 1078/1997.

Transportbrukernes Fellesorg. og Næringslivets Hovedorg. (1996):

*Korridorer og knutepunkt for bedre tilgjengelighet til Europa.*

Trovik S:

*Distansetabell fra Oslo-Herføl og grensen med Sverige til Kirkenes og Grense-Jakobselv.*

Undrum T (1994):

*Bunnstoffproblematikk. Malingsystem som tilfredsstillende fremtidige krav.* NIF studiesenter: Miljøvennlige skip. Konferanse i Trondheim 5-7 januar 1994.

Vestby S E (1997):

*Gardermobanen. Energi- og miljøkonsekvenser av alternative transporttilbud.* Sogndal, Vestlandsforskning: VF-notat 28/97.

VTT (1998):

*Case Study Scan-Link Corridor.* Espoo, VTT Communities and Infrastructure, 1998. Annex-J i rapportserie fra EU-prosjektet STEMM.

Wahl R, Meland S og Lundin M (1998):

*Nordic/North Sea Case Study.* Trondheim, SINTEF Samferdsel, 1998. Annex-L i rapportserie fra EU-prosjektet STEMM.

Widlert S (1990):

*Godskunders værderingar.* Transek, Banverket, 1990. Rapport P 1990:2.

Åsen E M (1998):

*Kyotoprotokollen – konsekvenser for norsk transportsektor.* Oslo, Miljøverndepartementet. Innlegg på TØIs Transportdager i Oslo, mai 1998.

# Vedlegg





# Vedlegg 1

## Definisjon av varegrupper, basert på NST/R<sub>(2)</sub>-koding:

Varegruppe	Vareslag
1. Stykkgoods	<ul style="list-style-type: none"><li>- (02) Fersk frukt og grønnsaker</li><li>- (03) Dyr, levende</li><li>- (05) Råvarer til tekstilindustrien</li><li>- (06) Andre matvarer, drikkevarer og tobakk, dyrefôr</li><li>- (07) Oljefrø, fete oljer, fett</li><li>- (13) Halvfabrikata av jern og stål</li><li>- (20) Maskiner og transportmidler</li><li>- (21) Metaller</li><li>- (22) Glass, keramikk mv.</li><li>- (23) Møbler, tekstilvarer, papirvarer* mv</li><li>- (24) Forskjellige varer, uspesifisert</li></ul>
2. Tømmer og trelast	<ul style="list-style-type: none"><li>- (04) Tømmer, trelast, mv.</li></ul>
3. Tørr bulk	<ul style="list-style-type: none"><li>- (01) Korn</li><li>- (08) Fast brensel</li><li>- (11) Jernmalm og skrap av jern og stål</li><li>- (12) Ikke-jernholdige malmer</li><li>- (14) Sement, kalk, murstein mv.</li><li>- (15) Grus, sand, stein, jord og salt</li><li>- (16) Gjødning</li><li>- (18) Kjemiske produkter</li><li>- (19) Tremasse og papiravfall mv.</li><li>- papir, papp, ubearbeidet, returpapir (NST/R<sub>(3)</sub>-kode 972)</li></ul>
4. Oljeprodukter	<ul style="list-style-type: none"><li>- (09) Råolje</li><li>- (10) Bensin og andre mineraloljeprodukter</li><li>- (17) Tjære og asfalt mv.</li></ul>

\* unntatt varer med NST/R<sub>(3)</sub>-kode 972



## **Vedlegg 2**

# **Oppsummering av resultater fra scenarier**



## VEDLEGG 2

### Transportarbeid. Endringer i forhold til basisscenario. Millioner tonnkilometer

Scenarier	Sjø	Jernbane	Veg	Totalt
Basisscenario	7431	1490	6321	15242
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	-133	286	-177	-24
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	-91	48	27	-16
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-362	479	-206	-89
2a Kyststamveg, 6 ferger	-23	8	14	-1
2b Fergefri kyststamveg	-94	9	106	21
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	-3060	803	2728	471
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	-318	187	74	-57
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	159	-109	-32	18
3d Kun bulkprodukter med båt	-1758	1020	1249	511
4 20 % bulk overført til stykkgoods	-291	59	198	-34
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	60	-55	-6	-1
5b Doblet frekvens i alle havner	139	-89	-51	-1

### Omlastinger. Endringer i forhold til basisscenario. 1000 tonn

Scenarier	Veg-Sjø	Veg-Jernbane	Jernbane-Sjø	Totalt
Basisscenario	13921	3206	62	17189
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	147	650	74	871
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	-170	60	21	-89
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-129	974	127	972
2a Kyststamveg, 6 ferger	-100	-5	19	-86
2b Fergefri kyststamveg	-744	32	-16	-728
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	-4366	1684	-56	-2738
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	-524	121	65	-338
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	281	-92	3	192
3d Kun bulkprodukter med båt	-4212	1747	-50	-2515
4 20 % bulk overført til stykkgoods	-636	220	0	-416
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	82	-31	0	51
5b Doblet frekvens i alle havner	287	-96	2	193

### Godsomslag i havner. Endringer i forhold til basisscenario. 1000 tonn

Scenarier	Nasjonale	Andre	Totalt
Basisscenario	10646	23046	33692
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	6	154	160
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	-86	-145	-231
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-328	-51	-379
2a Kyststamveg, 6 ferger	-30	-94	-124
2b Fergefri kyststamveg	-109	-794	-903
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	2718	-23046	-20328
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	-400	-467	-867
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	106	279	385
3d Kun bulkprodukter med båt	-1881	-4905	-6786
4 20 % bulk overført til stykkgoods	-762	-1754	-2516
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	47	35	82
5b Doblet frekvens i alle havner	8	294	302

**Transportarbeid. Endringer i forhold til basisscenario. Prosent**

Scenarier	Sjø	Jernbane	Veg	Totalt
Basisscenario. Millioner tonnkilometer	7431	1490	6321	15242
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	-2 %	19 %	-3 %	0 %
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	-1 %	3 %	0 %	0 %
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-5 %	32 %	-3 %	-1 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	0 %	1 %	0 %	0 %
2b Fergefri kyststamveg	-1 %	1 %	2 %	0 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	-41 %	54 %	43 %	3 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	-4 %	13 %	1 %	0 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	2 %	-7 %	-1 %	0 %
3d Kun bulkprodukter med båt	-24 %	68 %	20 %	3 %
4 20 % bulk overført til stykkgoods	-4 %	4 %	3 %	0 %
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	1 %	-4 %	0 %	0 %
5b Doblet frekvens i alle havner	2 %	-6 %	-1 %	0 %

**Omlastinger. Endringer i forhold til basisscenario. Prosent**

Scenarier	Veg-Sjø	Veg-Jernbane	Jernbane-Sjø	Totalt
Basisscenario. 1000 tonn	13921	3206	62	17189
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	1 %	20 %	118 %	5 %
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	-1 %	2 %	34 %	-1 %
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-1 %	30 %	203 %	6 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	-1 %	0 %	30 %	-1 %
2b Fergefri kyststamveg	-5 %	1 %	-26 %	-4 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	-31 %	53 %	-90 %	-16 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	-4 %	4 %	104 %	-2 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	2 %	-3 %	5 %	1 %
3d Kun bulkprodukter med båt	-30 %	54 %	-80 %	-15 %
4 20 % bulk overført til stykkgoods	-5 %	7 %	0 %	-2 %
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	1 %	-1 %	0 %	0 %
5b Doblet frekvens i alle havner	2 %	-3 %	4 %	1 %

**Godsomslog i havner. Endringer i forhold til basisscenario. Prosent**

Scenarier	Nasjonale	Andre	Totalt
Basisscenario. 1000 tonn	10646	23046	33692
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	0 %	1 %	0 %
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	-1 %	-1 %	-1 %
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-3 %	0 %	-1 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	0 %	0 %	0 %
2b Fergefri kyststamveg	-1 %	-3 %	-3 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	26 %	-100 %	-60 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	-4 %	-2 %	-3 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	1 %	1 %	1 %
3d Kun bulkprodukter med båt	-18 %	-21 %	-20 %
4 20 % bulk overført til stykkgoods	-7 %	-8 %	-7 %
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	0 %	0 %	0 %
5b Doblet frekvens i alle havner	0 %	1 %	1 %

Utslipp til luft. Endringer i forhold til basisscenario. Tonn

Scenarier	CO2	CH4	N2O	SO2	Nox	NMVOC	CO	Part
Basisscenario	1391667	85	558	4049	530815	684	5489	1447
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	-13549	-2	-3	-23	-415	-37	-114	-20
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	702	-1	1	-7	-69	2	17	2
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-19786	-4	-3	-47	-733	-49	-135	-25
2a Kyststamveg, 6 ferger	-5065	-1	0	-6	-100	-3	5	1
2b Fergefri kyststamveg	-66762	-6	0	-57	-1157	-45	17	2
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	386103	-2	49	-46	3517	572	1841	295
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	-353	-3	1	-29	-307	2	39	4
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	-762	1	-1	14	140	-2	-20	-3
3d Kun bulkprodukter med båt	135906	-11	23	-81	367	225	862	147
4 20 % bulk overført til stykkgoods	38672	0	4	2	380	51	140	21
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	365	1	0	6	79	2	-1	1
5b Doblet frekvens i alle havner	-4947	1	-1	10	61	-7	-33	-5

Utslipp til luft. Endringer i forhold til basisscenario. Prosent

Scenarier	CO2	CH4	N2O	SO2	Nox	NMVOC	CO	Part
Basisscenario. Tonn	1391667	85	558	4049	530815	684	5489	1447
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	-1 %	-2 %	0 %	-1 %	0 %	-5 %	-2 %	-1 %
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	0 %	-1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	-1 %	-4 %	-1 %	-1 %	0 %	-7 %	-2 %	-2 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	0 %	-1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2b Fergefri kyststamveg	-5 %	-7 %	0 %	-1 %	0 %	-7 %	0 %	0 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	28 %	-2 %	9 %	-1 %	1 %	84 %	34 %	20 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	0 %	-3 %	0 %	-1 %	0 %	0 %	1 %	0 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	0 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
3d Kun bulkprodukter med båt	10 %	-13 %	4 %	-2 %	0 %	33 %	16 %	10 %
4 20 % bulk overført til stykkgoods	3 %	0 %	1 %	0 %	0 %	7 %	3 %	1 %
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
5b Doblet frekvens i alle havner	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	-1 %	-1 %	0 %

Oppsummering av samfunnsøkonomiske kostnader, og endringer sammenlignet med basisscenario.

Millioner kroner

Scenarier	Gen. transp.kostnader		Eksterne kostnader				Avgiftsinnt. til staten		
	Frakt	Tid	Totalt	Lokal luftf.	Global luftf.	Støy		Siftasje	Ulykker
Basisscenario	16237	1833	3049	878	578	533	583	476	1087
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	339	-14	-31	-19	-6	1	1	-9	-38
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	42	-11	8	-1	0	4	5	0	4
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	553	-34	-33	-30	-8	8	9	-13	-60
2a Kyststamveg, 6 ferger	-8	-14	-2	-3	-2	1	2	0	2
2b Fergetri kyststamveg	-25	-67	-43	-36	-27	8	9	3	18
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	1843	-133	939	197	162	238	260	82	462
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	42	39	21	-8	0	14	16	-1	13
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	-22	-48	-12	4	0	-8	-8	1	-6
3d Kun bulkprodukter med båt	818	-229	442	53	58	141	154	36	218
4 20 % bulk overført til stykkgods	845	94	75	18	16	17	19	5	33
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	-10	3	-4	3	0	-3	-3	0	-1
5b Doblet frekvens i alle havner	-33	-4	-19	0	-2	-8	-9	-1	-9

Oppsummering av samfunnsøkonomiske kostnader, og endringer sammenlignet med basisscenario.

Prosent

Scenarier	Gen. transp.kostnader		Eksterne kostnader				Avgiftsinnt. til staten		
	Frakt	Tid	Totalt	Lokal luftf.	Global luftf.	Støy		Siftasje	Ulykker
Basisscenario. Millioner kroner	16237	1833	3049	878	578	533	583	476	1087
1a CO2-avgifter som i langtidsprogrammet	2 %	-1 %	-1 %	-2 %	-1 %	0 %	0 %	-2 %	-4 %
1b CO2-avgifter etter Kyoto-avtalen	0 %	-1 %	0 %	0 %	0 %	1 %	1 %	0 %	0 %
1c CO2-avgifter, høyt alternativ	3 %	-2 %	-1 %	-3 %	-1 %	2 %	2 %	-3 %	-5 %
2a Kyststamveg, 6 ferger	0 %	-1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2b Fergetri kyststamveg	0 %	-4 %	-1 %	-4 %	-5 %	2 %	2 %	1 %	2 %
3a Legger ned havner (unntatt 8 nasjonale)	11 %	-7 %	31 %	22 %	28 %	45 %	45 %	17 %	42 %
3b Hastighet på sjø nedjustert 10 %	0 %	2 %	1 %	-1 %	0 %	3 %	3 %	0 %	1 %
3c Hastighet på sjø oppjustert 10 %	0 %	-3 %	0 %	0 %	0 %	-1 %	-1 %	0 %	-1 %
3d Kun bulkprodukter med båt	5 %	-12 %	14 %	6 %	10 %	26 %	26 %	8 %	20 %
4 20 % bulk overført til stykkgods	5 %	5 %	2 %	2 %	3 %	3 %	3 %	1 %	3 %
5a Doblet frekvens i 8 nasjonale havner	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	-1 %	-1 %	0 %	0 %
5b Doblet frekvens i alle havner	0 %	0 %	-1 %	0 %	0 %	-2 %	-2 %	0 %	-1 %

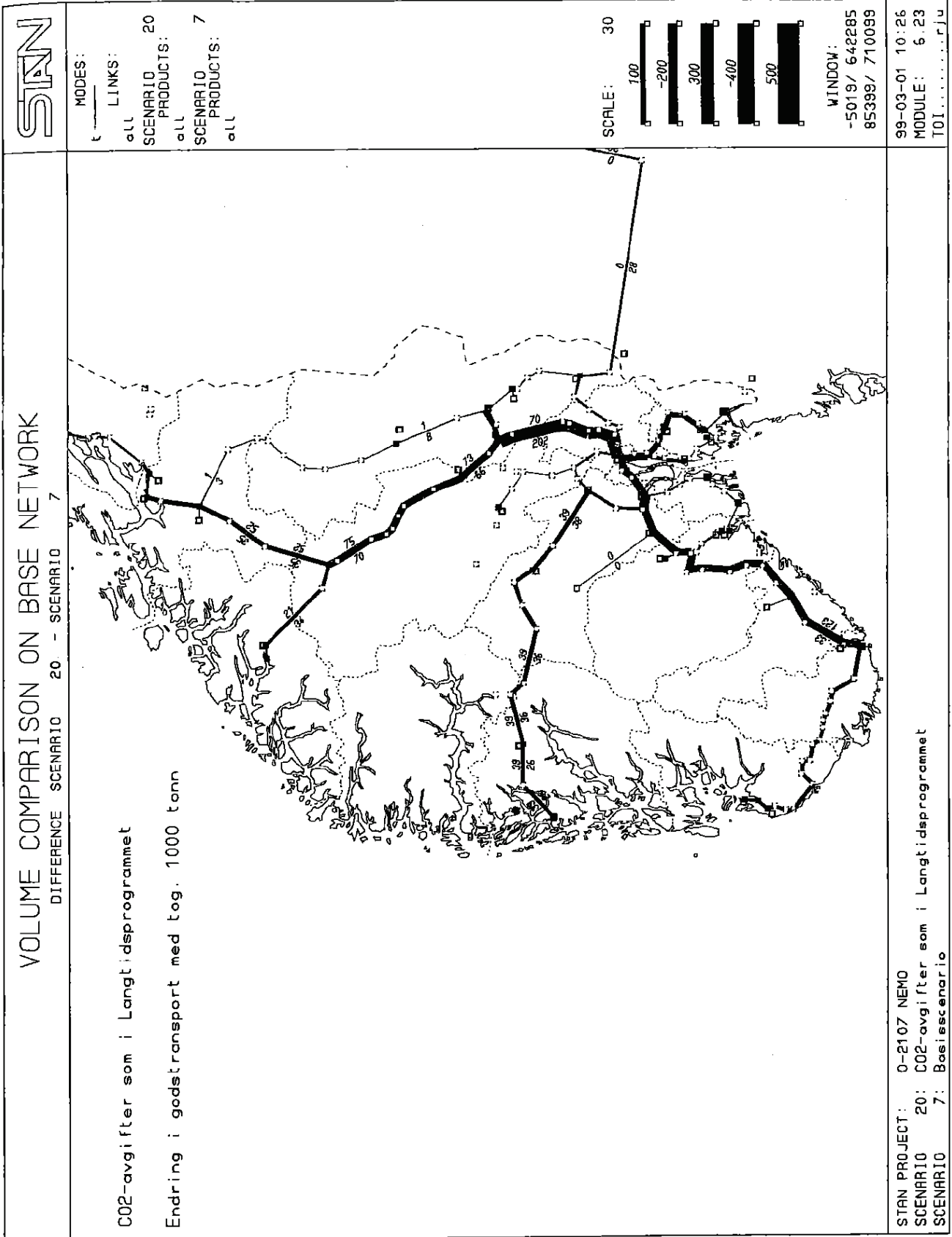


## **Vedlegg 3**

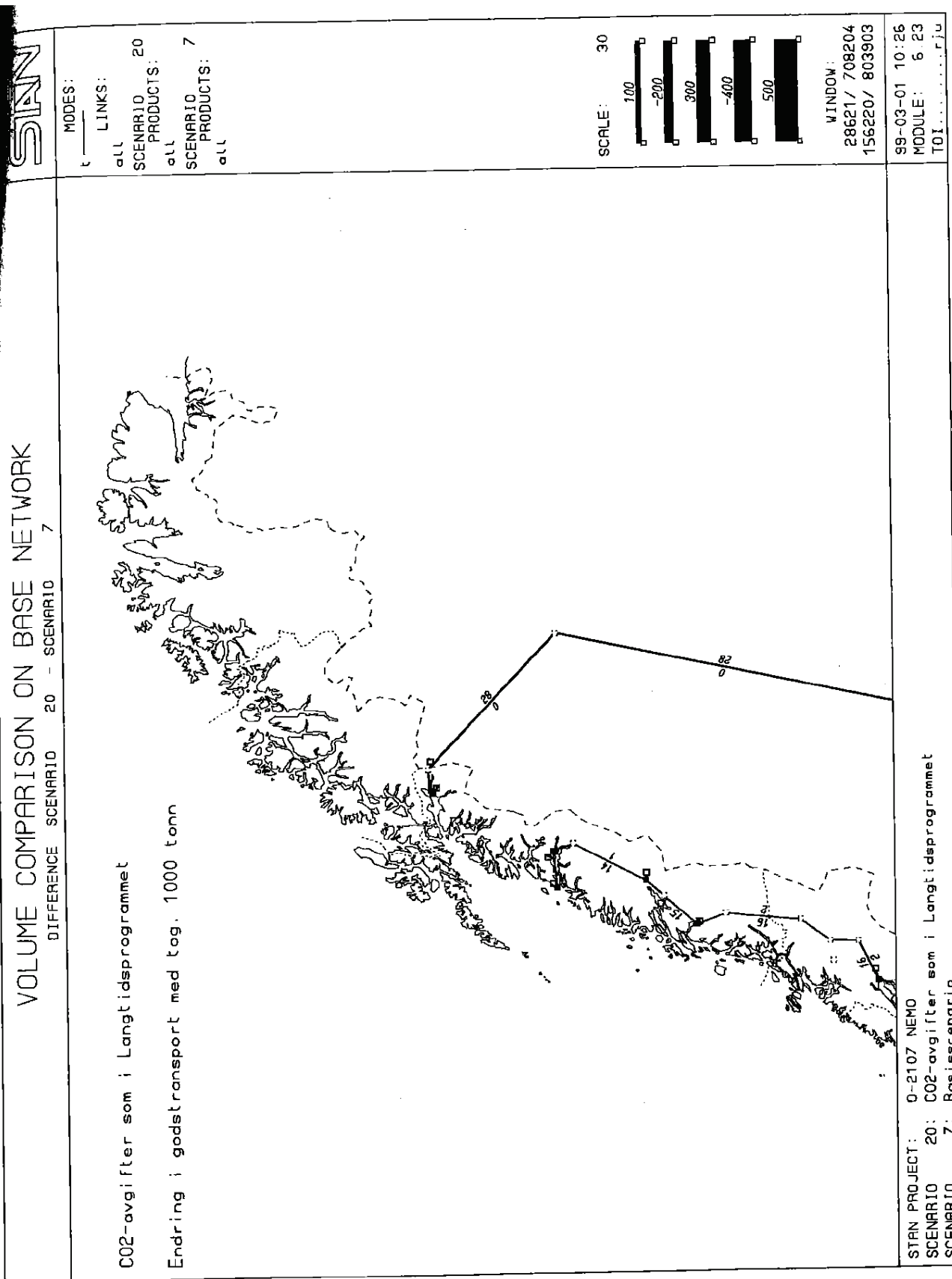
### **Utvalgte plott**

**Plottene viser endring i 1000 tonn pr år på ulike delstrekninger. For hver delstrekning ser en to tall, som leses etter ”høyrekjøringsprinsippet”. I det første plottet innebærer dette f.eks. at en har beregnet en økning på 39 000 tonn pr år på tog mot Bergen og 26 000 tonn ut fra Bergen.**

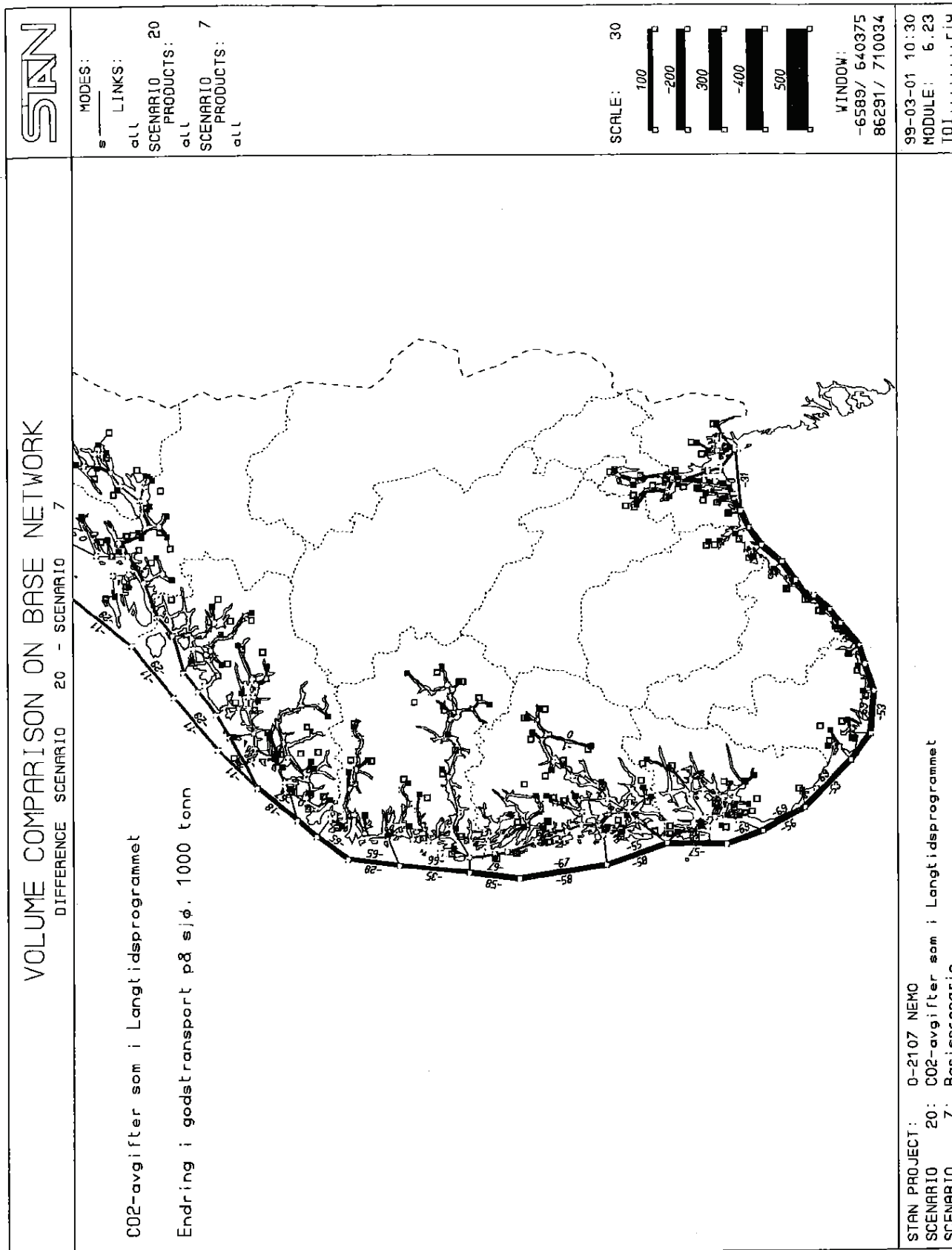






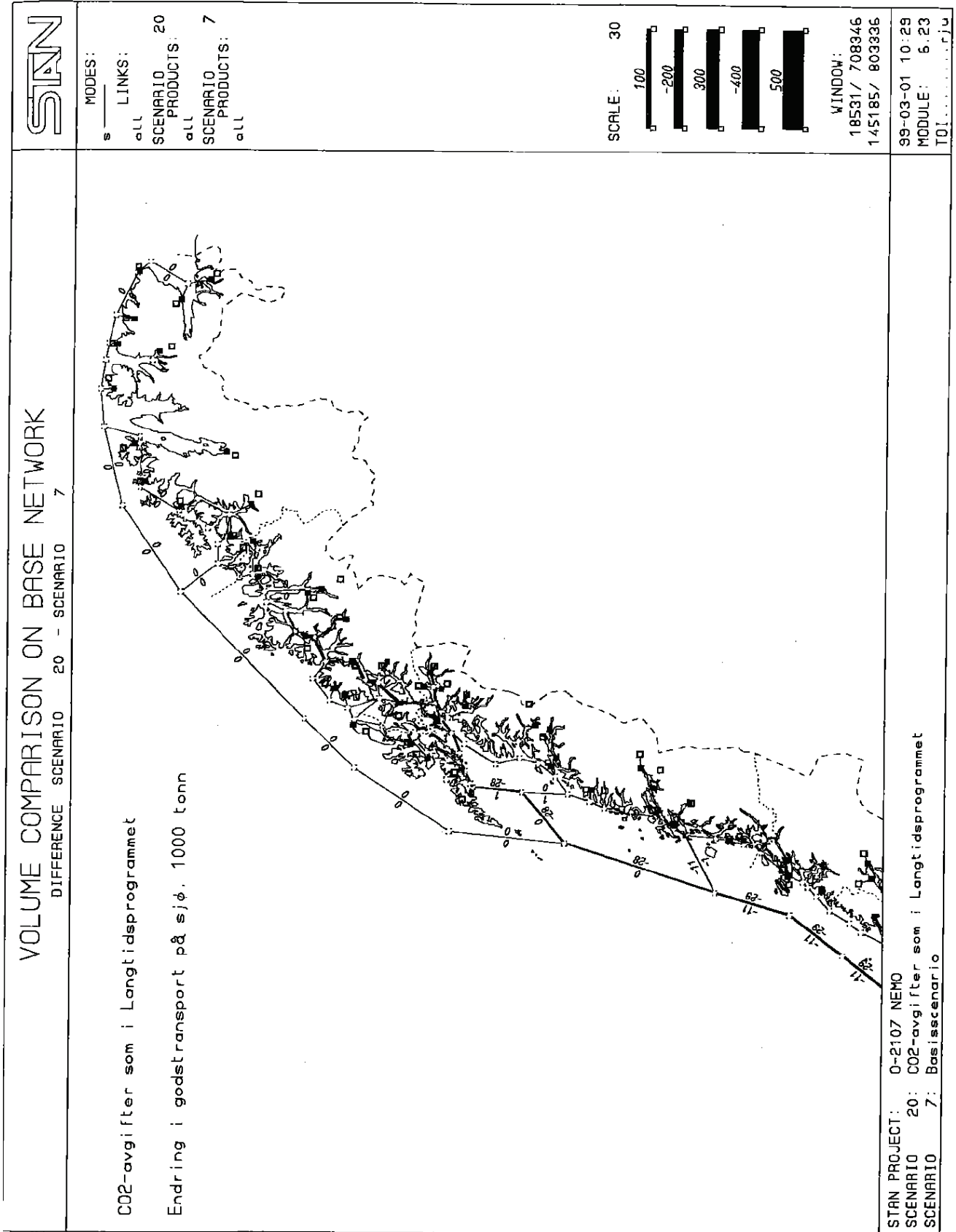




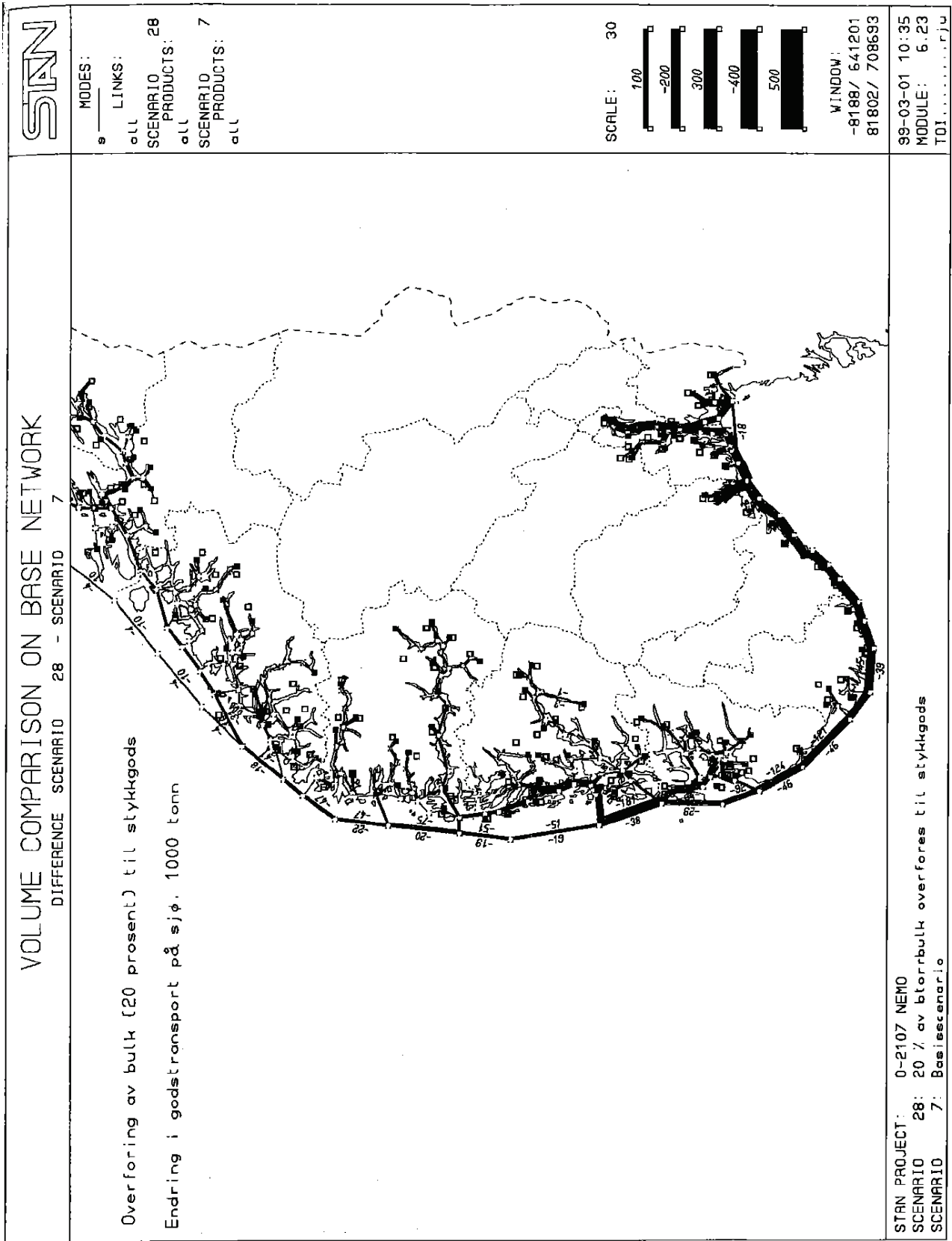




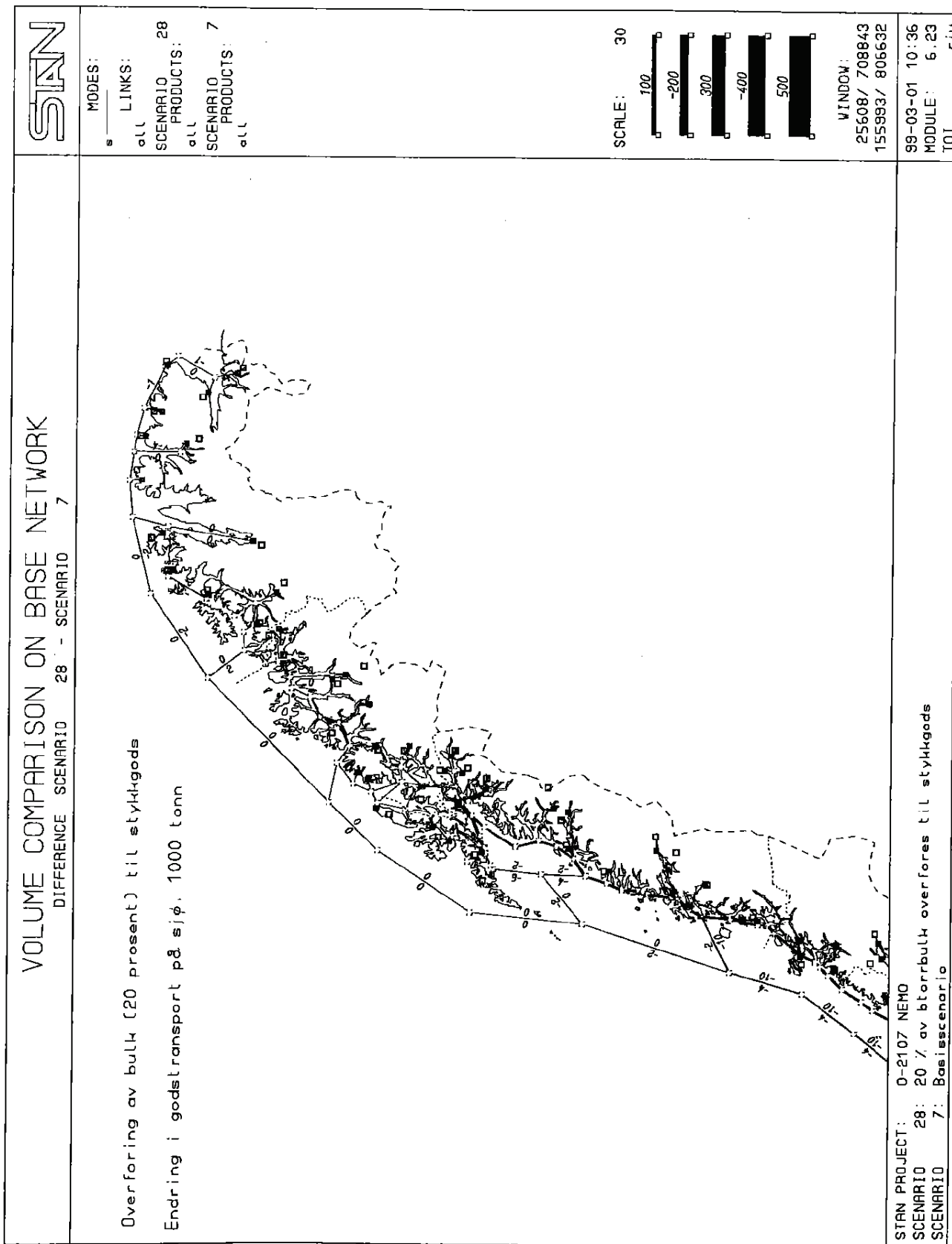




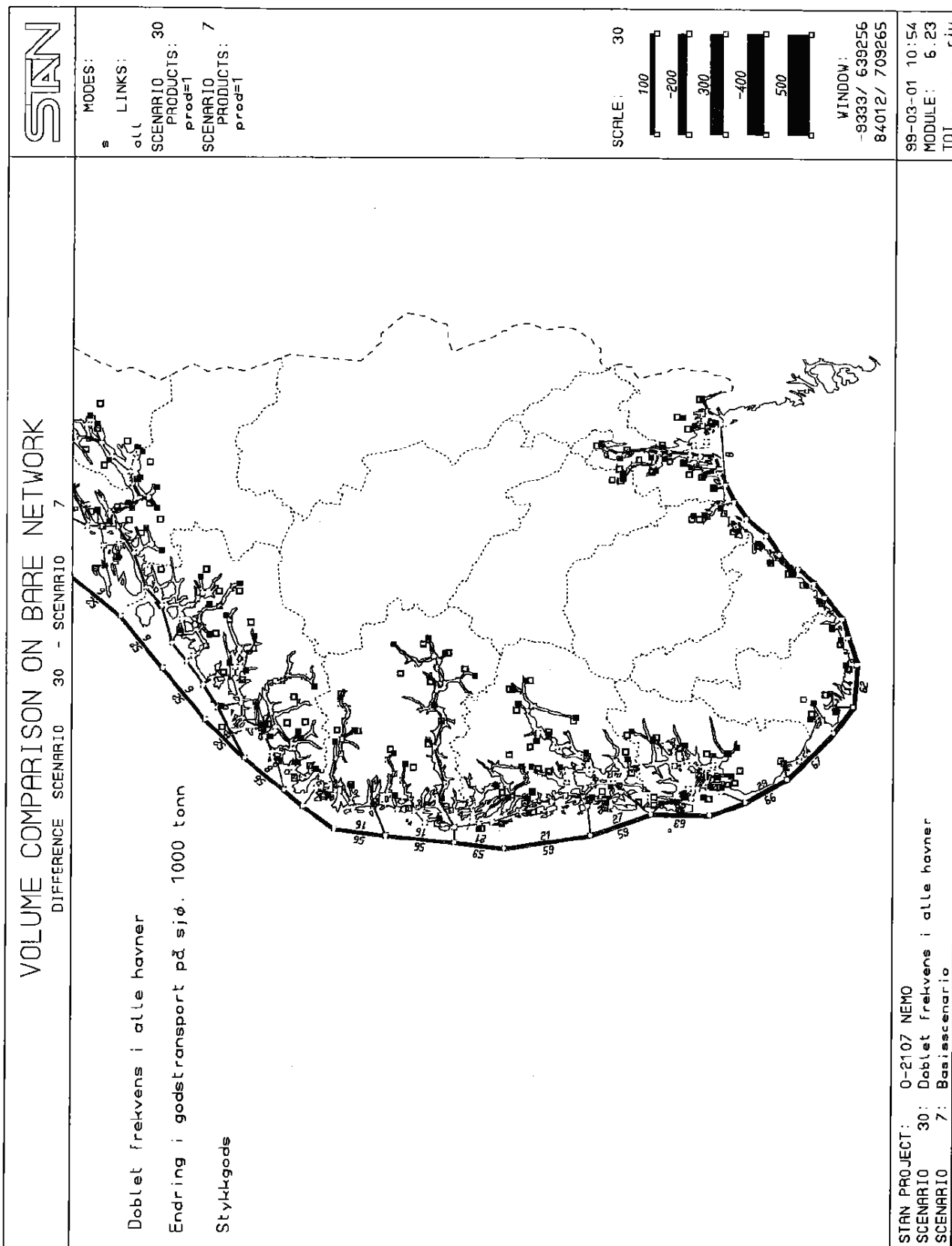












Doblet frekvens i alle havner

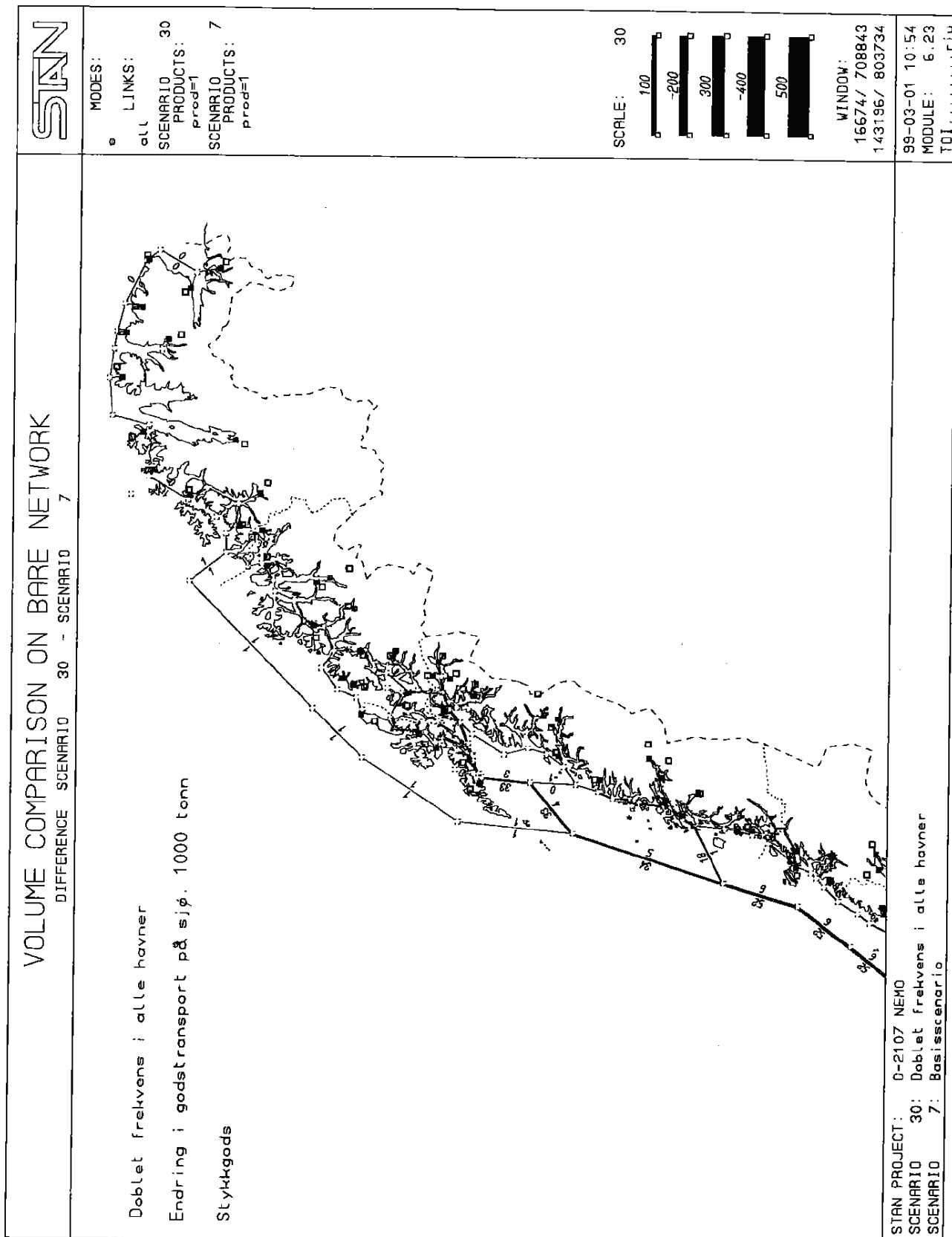
Endring i godstransport på sjø. 1000 tonn

Stykkogods

STAN PROJECT: 0-2107 NEMO  
SCENARIO 30: Doblet frekvens i alle havner  
SCENARIO 7: Basisscenario









## **Vedlegg 4**

# **Utslippsfaktorer og enhetskostnader**



## VEDLEGG 4

### Eksterne kostnader ved transport. Kroner pr tonnkilometer

Kilder: European Conference of Ministers of Transport (1998), Eriksen og Hovi (1995) og Hagen (1998)

	Veg		Jernbane			Sjø		Annet
	Veg	Ferge*	Gj.snitt	Eldrift**	Diesel	Gj.snitt	Olje***	
Lokal luftforurensning	0,076	1,045	0,016	0,001	0,056	0,035	0,016	0,052
Global luftforurensning	0,049	0,783	0,025	0,022	0,033	0,019	0,008	0,028
Støy	0,073	-	0,049	0,049	0,049	0,000	0,000	0,000
Sliitasje	0,080	-	0,054	0,054	0,054	0,000	0,000	0,000
Ulykker	0,050	-	0,010	0,010	0,010	0,020	0,020	0,020
Sum	0,327		0,153	0,135	0,201	0,073	0,044	0,101

\*) Riksvegferger. Tall for eksterne kostnader knyttet til støy og ulykker er ikke tilgjengelig.

\*\*\*) Det er lagt til grunn utslippsfaktorer som om elektrisiteten var produsert i gasskraftverk.

\*\*\*\*) Gjennomsnitt for tank og kombinertskip

### Utslipp ved transport. Gram pr tonnkilometer

Kilder: Holtskog og Rypdal (1997) og Thune-Larsen og Madslie (1996)

	Veg		Jernbane		Sjø	
	Veg	Ferge*	Diesel	Eldrift**	Olje***	Annet
CO2	115,667	1915,00	80,01	54,3	20	70
CH4	0,002	0,14	0,00		0	0,01
N2O	0,016	0,05	0,01		0	0
SO2	0,051	1,33	0,04		0,1	0,11
NOx	1,419	30,20	1,19	0,04	0,46	1,53
VOC	0,188	1,80	0,10		0,01	0,06
CO	0,650	1,81	0,28		0,01	0,05
Partikler	0,112	0,30	0,10		0,01	0,02

\*) Riksvegferger. Tall for eksterne kostnader knyttet til støy og ulykker er ikke tilgjengelig.

\*\*\*) Det er lagt til grunn utslippsfaktorer som om elektrisiteten var produsert i gasskraftverk.

\*\*\*\*) Gjennomsnitt for tank og kombinertskip

**Eksterne kostnader ved omlasting. Kroner pr tonn omlastet**

	Veg-Sjø	Veg-Jernbane	Jernbane-Sjø
Lokal luftforurensning	0,243	0,063	0,243
Global luftforurensning	0,138	0,035	0,138

**Utslipp ved omlasting. Gram pr tonn omlastet**

Kilde: Flodström (1998)

	Veg-Sjø	Veg-Jernbane	Jernbane-Sjø
CO <sub>2</sub>	340	87	340
CH <sub>4</sub>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0	0	0
SO <sub>2</sub>	0,44	0,12	0,44
NO <sub>x</sub>	6,6	1,7	6,6
VOC	0,8	0,21	0,8
CO	2,1	0,55	2,1
Partikler	0,67	0,18	0,67

**Kostnader ved utslipp til luft. Kroner pr kilo utslipp\***

Kilde: European Conference of Ministers of Transport (1998)

	By	Land
CO <sub>2</sub>	0,405	0,405
CH <sub>4</sub>	8,5	8,5
N <sub>2</sub> O	126	126
SO <sub>2</sub>	6,5	6,5
NO <sub>x</sub>	65	32
VOC	65	32
CO		
Partikler	567	0

\*) CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O medvirker først og fremst til global oppvarming, og kostnadene er dermed uavhengig av utslippssted. For de andre avgassene er virkningene derimot først og fremst lokale. Kostnadene er dermed sterkt avhengig av hvor utslipp skjer.

# **Vedlegg 5**

## **Ordforklaringer til kapittel 9**





## Ordforklaringer til kapittel 9 ”Nærmere om kystfartens miljøkonsekvenser”:

**Alkylfenoler** er en stoffgruppe som virker som hormonhermere og hovedsakelig benyttes i såper og malingsprodukter. Man vet pr i dag altfor lite om alkylfenoler.

**Benzen** oppstår ved forbrenning og fordampning av bensin og diesel, samt ved vedfyring. Det er kreftfremkallende og har gifteffekter ved akutt eksponering for høye konsentrasjoner.

**CO** er en fargeløs gass uten lukt, som oppstår ved ufullstendig forbrenning. Den knytter seg lettere til hemoglobinet i blodet enn oksygen og kan allerede ved små mengder føre til hodepine. Gassen øker risikoen for hjerteproblemer hos hjerte/kar-syke. Anbefalt grenseverdi satt av SFT er 10 mg/m<sup>3</sup> 8 timer daglig. CO representerer kun noe problem i større byer, og CO-utslipp fra skip i fart regnes derfor ikke å ha andre miljøkonsekvenser enn de helseproblemer som vil kunne opptre ved ulykker om bord på fartøyet.

**Dioksiner** er en gruppe organiske forbindelser som dannes når visse organiske stoffer forbrenner under bestemte betingelser. Dioksiner er svært giftige og kan skade levende organismer i doser målt ned i brøkdeler av et milligram. Dioksiner som er blitt akkumulert i en organisme brytes langsomt ned, i menneskevev er halveringstiden vanligvis på fem år.

**Eutrofiering** vil si økt planteproduksjon i vann som følge av økt tilførsel av næringssalter. Viktige eksempler er nitrogenforbindelsene nitrat eller ammoniakk og fosforforbindelsen fosfat. I ferskvann betyr fosfor mest for eutrofieringen, mens nitrogen har størst betydning som plantenæringskilde i havvann. Synlige virkninger er misfarget og uklart vann, overgrodd bunn og strand og rask gjengroing. For stor algeproduksjon i vannet fører til oksygenmangel og forråtnelse uten oksygentilgang. Fiskedød, ødelagte gyteområder, slamlag på bunnen og giftig svovelholdig bunnvann kan bli resultatet. 75 – 80 prosent av nitrogentilførselen til kystfarvann kommer fra langtransporterte luftforurensninger.

**Forsuring.** Avsetninger av nitrogen og svovel har forsurende effekt på jordsmonn og innsjøer. I jorda kan det føre til utvasking av gift- og næringsstoffer til innsjøer, fjorder og elver og bidra til eutrofieringsproblemer der. Tap av næringsstoffer i jorda kan føre til redusert vekst, svekket jordstruktur (øket erosjon) og endret artssammensetning.

Forsuring av innsjøer skader dyre- og plantelivet. På kort sikt er de mest synlige konsekvensene for mennesket redusert eller ødelagt fiske.

**Hormonhermere** er stoffer som har samme effekter på mennesker og dyr som naturlige hormoner. De har fått økende internasjonal oppmerksomhet de senere år på grunn av redusert sædkvalitet hos menn og økning i visse typer medfødte misdannelser.

**Marpol** er en publikasjon som utgis av FN-organet International Maritime Organisation (IMO), som har som oppgave å forbedre maritim sikkerhet og forhindre forurensing fra skip. Publikasjonen oppdateres med jevne mellomrom

og inneholder internasjonale regelverk innenfor IMO's arbeidsområde. Avtalene trer i kraft når de er ratifisert av det antall stater som samlet har ansvaret for mer enn 50 prosent av verdens handelsflåte, målt i bruttotonn. Pr i dag eksisterer følgende overenskommelser:

- Annex I om oljeforurensning.
- Annex II om giftige flytende bestanddeler i bulk.
- Annex III om skadelige bestanddeler i innpakket form.
- Annex IV om forurensning fra skipskloakk. Mangler pr 1997 ratifisering av stater som representerer 9 prosent av verdens bruttotonnasje for å tre i kraft.
- Annex V om forurensning på grunn av skipsavfall.

**Metan** ( $\text{CH}_4$ ) er en del av VOC og bidrar til produksjon av bakkenært ozon og til drivhuseffekten. 1 gram metan har samme drivhuseffekt som 21 gram  $\text{CO}_2$ . Metan dannes ved produksjon og bruk av fossilt brensel, samt ved avdamping fra gass og olje.

**$\text{N}_2\text{O}$**  (lystgass) har drivhuseffekt. 1 gram  $\text{N}_2\text{O}$  har samme drivhuseffekt som 310 gram  $\text{CO}_2$ .

**NM VOC:** Non Methaneous Volatile Organic Compounds, den del av VOC som ikke er metan. Bidrar til produksjon av bakkenært ozon og har helseeffekter.

**$\text{NO}_x$ :** Nitrose gasser, består av forbindelsene  $\text{NO}$  (nitrogenoksid) og  $\text{NO}_2$  (nitrogenendioksid). Anbefalt norsk luftkvalitetskriterium er  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pr døgn og  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pr halvår. Særlig  $\text{NO}_2$  har helseeffekter og SFT's terskelverdier for døgnbelastninger overskrides gjentatte ganger i byer som Oslo, Bergen, Trondheim og Drammen, delvis på grunn av lokale utslipp (særlig fyring og transport), delvis på grunn av langtransportert regional bakgrunnsbelastning. Bidrar i atmosfæren til dannelse av salpetersyre ( $\text{HNO}_3$ ) som er en vesentlig bestanddel i sur nedbør. Bidrar også til dannelse av bakkenær ozon og til nedbrytning av ozonlaget.

**Ozon** ( $\text{O}_3$ ) har flere effekter. I stratosfæren har ozonkonsentrasjonen sitt maksimum ca 25 km over bakkenivå og reduserer innkommende ultrafiolett stråling. Dette ozonlaget skades særlig av klor og bromforbindelser, samt av  $\text{NO}_x$ . På bakkenivå kan ozon skade planter og materialer og gi mennesker luftveisskader. Bakkenært ozon dannes av reaksjoner mellom VOC og  $\text{NO}_x$  under påvirkning av sollys. SFT (1997) anslår årlig avlingstap på grunn av ozon ved bakken til å være i størrelsesorden 400-1200 millioner kroner, avhengig av forutsetninger. SFT's anbefalte luftkvalitetskriterier overskrides i store deler av landet flere ganger i året. De høye nivåene av ozon ved bakken i Sør-Norge henger sammen med langtransporterte luftforurensninger fra land lenger syd, men lokale norske utslipp bidrar også noe.

**Partikler** består av faste stoffer eller væske i dråpeform som er tilstrekkelig små til å holde seg svevende i luft. Eksempler fra skipsfarten er sot (karbonpartikler), aske, uforbrente hydrokarboner, svovelsyre- og oljedråper. Partiklene kan inkludere tungmetaller og kreftfremkallende stoffer. De bidrar til redusert sikt og

irriterer respirasjonssystemet, og kan på den måten bidra til utvikling av lungesykdommer og gi pustebesvær, særlig for allergikere. Partiklene klassifiseres etter størrelse, og partikler mindre enn 10 mikrometer (0,01 millimeter) benevnes PM10, mens de mindre enn 2,5 mikrometer benevnes PM2,5. Anbefalt norsk luftkvalitetskriterium er  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pr døgn (PM10) og  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pr døgn (PM2,5).

SFT's terskelverdier for døgnbelastninger overskrides gjentatte ganger i byer som Oslo, Bergen, Trondheim og Drammen, delvis på grunn av lokale utslipp (særlig fyring og transport), delvis på grunn av langtransportert regional bakgrunnsbelastning. Det er de minste fraksjonene som representerer den største helsefaren siden de er små nok til å trenge inn i lungene. Størrelsen på partiklene bestemmer også hvor lang tid de transporteres i luftmassene. PM10 kan oppholde seg i den lavere atmosfære i flere uker, PM2,5 enda lengre. Utslipp fra skip bidrar til den regionale bakgrunnsbelastningen, i tillegg til lokale belastninger i enkelte områder nær byene. Partikler kan fjernes ved avgassrensing, men det er ikke utbredt i dag.

**Renseteknologi:** CO<sub>2</sub>-fjerning vil på grunn av høye kostnader i lang tid enda være uaktuelt, mens innføring av katalytisk rensing er mer aktuelt. Ved stabile driftsforhold vil det kunne fjerne 95 prosent av NO<sub>x</sub>-innholdet i avgassen. Siden NO<sub>x</sub> dannes i reaksjoner mellom nitrogen og oksygen fra lufta under høye forbrenningstemperaturer i sylindere, vil innsprøytning av mindre mengder forstøvet vann i sylindere under forbrenningsprosessen kunne redusere NO<sub>x</sub>-utslippene (20 til 30 prosent reduksjon). Dette vil imidlertid kunne føre til dårligere forbrenning og øket utslipp av CO og partikler. Valg av løsning avhenger av motorens- og omliggende systemers alder og teknologi, økonomiske virkemidler med mer.

**SO<sub>2</sub>:** Svoveldioksid øker risiko for luftveislidelser. Den reagerer med vann i atmosfæren og danner svovelsyre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) som forsurer jord og vann og kan skade materialer. Anbefalt grenseverdi satt av SFT er  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pr døgn og  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pr halvår.

**Spillolje** omfatter oljeslam fra oljeseparering, oljeholdig lensevann og brukte smøre- eller hydraulikkoljer. Oljeslammet oppstår når enten bunkersolje eller smøreolje filtreres eller separeres (sentrifugeres) for å fjerne uønskede elementer, særlig vann og partikler.

**Svovelinhold:** I følge Holtskog og Rypdal (1997) fører forbrenning av gjennomsnittet av dieselen forbrukt av skipsflåten til transport mellom norske havner til utslipp av 2,2 gram svovel pr kg brennstoff, mens tungoljen tilsvarende fører til utslipp av 30,4 gram. Svovelinholdet er delvis et resultat av hvor oljen kommer fra og delvis av den raffineringssprosessen som har vært anvendt. Raffineringsprosesser som reduserer svovelinholdet gir dyrere brennstoff, men det kompenseres av svovelavhengige drivstoffavgifter. I innenriksfart i Norge er det i hovedsak bøyelastere, tørrlastskip og tank/kombinertskip over 3000 bruttotonn som bruker tungolje. Svovelinhold i drivstoffet påvirker også partikkelutslippene og eventuelle katalysatorers levetid i stor grad. Bensin fører til utslipp av 0,6 gram svovel pr kg brennstoff, mens diesel til biler og tog fører til utslipp av 1,4 gram.

**Tributyltinn** (TBT) er en svært giftig hormonhermer, som i følge Brevik et al (1995) begynner å gi skadevirkninger i konsentrasjoner ned til 1 nanogram/liter (dvs i fortykning 1 til 1000 milliarder). Stoffet har en halveringstid i sediment på 2-5 år og skader på organismer er et globalt problem. I Norge er det observert alvorlige skader på sneglearter.

**Tonnkilometer** er et begrep som brukes for å beskrive transportarbeid. En tonnkm vil si transport av ett tonn en km, evt 100 kg 10 km og så videre. Innen persontransport snakker en tilsvarende om personkilometer.

**Tålegrense** er et uttrykk for den belastning av en gitt faktor (for eksempel sur nedbør) som man antar ikke medfører skade på den mest sårbare organismen i området eller biotopen. Det er opprettet en nasjonal tålegrensedatabank.

**Virkningsgrad** beskriver hvor stor andel av energimengden i brennstoffet som nyttiggjøres til fremdrift av skipet, eventuelt til andre formål (produksjon av damp, oppvarming). En virkningsgrad på 35 prosent (eller 0,35) vil si at 35 prosent av energimengden utnyttes, mens 65 prosent går tapt i form av varme og kjemisk energi i avgassene. Det er i dag de store, langsomtgående dieselmotorene som har høyest virkningsgrad. Mens virkningsgraden under gode driftsbetingelser (jevn og relativt høy belastning) for en bensinmotor til bil vil ligge på rundt 30 prosent og for dieselmotorer noe bedre, vil de beste dieselmotorer til skip være et stykke oppe på førtitallet. Under normale driftsbetingelser er imidlertid forskjellene enda større på grunn av at skipsdieselen vil ha gunstig belastning over et mye lengre tidsrom, mens bilmotorens belastning skifter avhengig av venting, kjøring, varierende topografi og oppbremsing/akselerasjon.

**VOC:** VOC (Volatile Organic Compounds - flyktige organiske forbindelser), ofte kalt HC (hydrocarbones) omfatter både NMVOC (non methaneous VOC) og metan.