

GODS FRA VEI TIL SJØ

Klimaeffekter ved overføring av gods fra vei til sjø

Norges Rederiforbund

Rapportnr.: 2016-460, Rev. 1

Dokumentnr.: 1YRRF2C-2

Dato: 2016-09-23



Prosjektnavn: Gods fra vei til sjø
Rapporttittel: Klimaeffekter ved overføring av gods fra vei til sjø
Oppdragsgiver: Norges Rederiforbund
Kontaktperson: Tor Christian Sletner
Dato: 2016-09-23
Prosjektnr.: PP149194
Org. enhet: Shipping Advisory
Rapportnr.: 2016-460, Rev. 1
Dokumentnr.: 1YRRF2C-2

DNV GL AS Maritime
Shipping Advisory
P.O.Box 300
1322 Høvik
Norway
Tel: +47 67 57 99 00

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):
SFA 1-YRPLYF-MANNO356-1

Oppdragsbeskrivelse:

Studien dokumenterer klimaeffekten av å flytte gods fra land til sjø. Dette er gjort gjennom beregning av reduserte klimautslipp til luft ved å transportere en gitt godsmengde mellom godsterminaler på en intermodal sjøbasert løsning i stedet for lastebil for tre ulike transportscenarier i Norge og mellom Norge og Europa, samt en vurdering av mulige samfunns effekter.

Utført av:

Eivind Dale
Senior Principal Consultant

Verifisert av:

Magnus Strandmyr Eide
Principal Consultant

Godkjent av:

Terje Sverud
Head of Section

Liv Aune Hagen
Consultant

[Name]
[title]

[Name]
[title]

[Name]
[title]

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2016. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller viderefremme hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- Fri distribusjon (internt og eksternt)
 Fri distribusjon innen DNV GL
 Fri distribusjon innen det DNV GL-selskap som er kontraktspart
 Ingen distribusjon (konfidensiell)

Nøkkelord:

Sjøtransport
Intermodal transport
Godsoverføring fra vei til sjø
Reduksjon i klimautslipp

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
0	2016-06-29	Første utgave			
1	2016-09-23	Alternativ med MDO for skip er inkludert			

Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG.....	1
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Modellering av miljøutslipp til luft	1
1.3	Resultater	1
2	INTRODUKSJON	3
3	METODE	4
3.1	Overordnet metodebeskrivelse	4
3.2	Modeller for beregning av miljøutslipp	5
3.3	Forutsetninger og antagelser	6
4	TRANSPORTSCENARIER.....	7
4.1	Overordnet beskrivelse av scenariene	7
4.2	Geografisk distribusjon og godsvolumer	7
4.3	Transportsystem med lastebil	12
4.4	Intermodalt transportsystem med skip	13
5	ENERGIFORBRUK OG MILJØUTSLIPP	15
5.1	Scenario 1: Europa – Oslofjorden (i dag)	15
5.2	Scenario 2: Sør-Norge (i dag)	16
5.3	Scenario 3: Europa – Vestlandet (mulig i 2040)	17
6	USIKKERHET – SENSITIVITETSANALYSE.....	19
6.1	Lastgrunnlag og kapasitetsutnyttelse	19
6.2	Sensitivitetsanalyse av logistikkmodellene	21
7	SAMFUNNMESSIGE BETRAKTNINGER	24
7.1	Overføringspotensiale	24
7.2	Mulige samfunnseffekter	24
7.3	Tiltak for å bidra til godsoverføring	25
7.4	Alternative drivstoff – reduksjon i klimautslipp og lokal forurensing	25
8	KONKLUSJONER	27
9	REFERANSER	28
10	VEDLEGG.....	29
10.1	Ruter og distanser	29
10.2	Utslippsberegninger	31

1 SAMMENDRAG

1.1 Bakgrunn

Norske myndigheter har satt ambisiøse mål for reduksjon av klimagassutslipp, noe som innebærer opp mot 40 % utslippsreduksjoner fra ikke-kvotepiktig sektor der transport er viktigste utslippskilde. Det må derfor tas store reduksjoner i klimagassutslipp i transportsektoren. Overføring av gods fra vei til sjø vil være et bidrag til slik reduksjon.

Denne studien er bestilt av Norges Rederiforbund for å analysere og dokumentere klimaeffekten av å flytte gods fra vei til sjø. Formålet med analysen er å dokumentere reduksjon av CO₂ ved å flytte godset fra lastebil til intermodal sjøtransport for tre ulike transportscenarier, samt å vurdere mulige samfunnseffekter av et slikt skifte.

1.2 Modellering av miljøutslipp til luft

Transportkjedene som er analysert er transport av gods som fraktes mer enn 300 km og som i dag går med lastebil i langtransport til og fra norske byer langs kysten. Dette markedet er på 17-20 millioner tonn pr år, og det er et betydelig potensiale for overføring av godset fra vei til sjø.

Klimaeffekten av å flytte gods fra vei til sjø er funnet ved å beregne redusert utslipp av CO₂ ved transport av en gitt godsmengde med en intermodal sjøbasert løsning i stedet for med lastebil. Metoden i denne studien bygger på tilpasning og bruk av logistikkmodeller DNV GL har utviklet.

Scenariene som er valgt er:

- Scenario 1: Europa – Oslofjorden, daglige avganger basert på dagens godsvolumer
- Scenario 2: Sør-Norge, avganger hver andre dag basert på dagens godsvolumer
- Scenario 3: Europa – Vestlandet, avganger hver tredje dag basert på transportbehov i 2040

For lastebilalternativet er det brukt standard vogntog, trekkbil med Eurotralle (semitrailer) med direktetransport mellom godsterminaler. For scenario 1 og 2 tilfredsstiller vogntogene Euro V utslippsstandard og for scenario 3 tilfredsstiller de Euro VI.

For sjøtransportalternativet er det benyttet 45 fots containere (type HCPW), fraktet på chassis med lastebil mellom godsterminal og havn, og med containerskip som går på LNG i faste ruter mellom havnene. I tillegg er det også tatt med et alternativ hvor skipet går på marin dieselolje (MDO).

Begge systemene leverer samme lastmengde pr år.

1.3 Resultater

Resultatene i studien viser at intermodale sjøtransportsystemer har et vesentlig lavere energiforbruk og klimautslipp enn bilbaserte transportsystemer for samme godsmengde. Overføring av gods fra vei til sjø vil derfor være et betydelig bidrag til å redusere samfunnets utslipp av klimagasser.

For de valgte scenariene viser analysene at ved overføring av gods fra vei til sjø med skip som bruker LNG¹ som drivstoff, vil:

- Energiforbruket reduseres med 41 - 74 %
- CO₂-utslippene reduseres med 54 - 80 %

¹ Liquefied Natural Gas – flytende, rensset naturgass

Dersom MDO² benyttes som drivstoff for skipene i scenariene vil effekten av overføring av gods fra vei til sjø være:

- Energiforbruket reduseres med 41 - 74 %
- CO₂-utslippene reduseres med 39 - 73 %

Ved bruk av batteri i hybridløsning sammen med landstrøm («plug-in hybrid») vil CO₂-utslippet kunne reduseres med ytterligere 10-15 %. Ved bruk av batteridrift ved inn- og utseiling til havn, og batteri og landstrøm ved havneoperasjonen, vil utslippene til luft kunne elimineres i tettbygde strøk.

Bruk av innblandet eller 100 % biodrivstoff eller fullelektrisk fremdrift vil redusere eller eliminere klimagassutslippene både fra lastebil og skip. Dette vil imidlertid ikke endre på at intermodale sjøtransportløsninger vil redusere energiforbruket med i samme størrelsesorden som for scenariene i denne analysen (41-74 %) i forhold til lastebil, uavhengig av drivstofftype.

Dersom man bruker klimaeffekten fra scenario 1 og 2 i denne studien som grunnlag, vil en overføring av 5 millioner tonn gods fra vei til sjø medføre at CO₂-utslippet vil reduseres med 300 000 tonn pr år. En slik overføring vil erstatte opp mot 300 000 langtransporter med lastebil pr år og tilsvarer klimaeffekten av at 150 000 el-biler erstatter fossile personbiler i Norge.

² Marin Diesel Oil – marin dieseloilje

2 INTRODUKSJON

Norske myndigheter har satt ambisiøse mål for reduksjon av klimagassutslipp, noe som innebærer opp mot 40 % utslippsreduksjoner fra ikke-kvotepliktig sektor der transport er viktigste utslippskilde. Det må derfor tas store reduksjoner i klimagassutslipp i transportsektoren. Overføring av gods fra vei til sjø vil være et bidrag til slik reduksjon.

Det har vært stor vekst i godsvolumene de siste tiårene. Veksten av stykkgoods har i svært stor grad vært bilbasert, noe som har ført til en sterk økning av antall lastebiler på veiene. Transportløsningene og terminal- og lagerstrukturene har som følge av dette vært basert på bil. Både i Norge, og i Europa for øvrig, har dette også gitt store utfordringer med hensyn til økt veitrafikk, støy, ulykker, lokal forurensing og klimagassutslipp. Økt bruk av sjøveien gjennom effektive intermodale løsninger kan bidra til å løse noen av disse problemene.

Basert på tall og analyser fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) /1/ og Transportøkonomisk institutt (TØI) /5/ er det identifisert 17-20 millioner tonn stykkgoods som årlig transporteres med lastebil mer enn 300 km og skal mindre enn 25 km fra havn i Norge. Markedsanalyser utført av Shortsea Services, DNV GL og NHO Logistikk og Transport³ /4/ viser at omkring 30 % av denne godsmengden kan være overførbart til sjø, gitt at frekvensen på sjøtransport løsningen er høy nok. Tilsvarende er det i arbeidet med Nasjonal Transportplan (NTP) for 2018-2027 gjennomført en bred samfunnsanalyse for godstransport som viser at 5-7 millioner tonn som i dag fraktes på vei kan overføres til sjø eller bane /14/.

Viktige drivere for veksten i godstransport er befolkningsveksten og velstandsutviklingen. I tillegg medfører økt sentralisering til store byer og omkringliggende tettsteder til vekst i godstransporten i disse byregionene. SSB har utarbeidet scenarier for utvikling i befolkningstallet som viser at i de store byregionene i Sør-Norge vil befolkningen øke med 30-40 % frem mot 2040 /2/. TØI har i forbindelse med arbeidet med NTP utarbeidet prognoser for endringer i godstransport for perioden 2008-2043 som viser en forventet økning på 59 % i transportarbeid på norsk område i denne perioden /6/. Dette forsterker behovet for tiltak som reduserer energiforbruk og miljøutslipp fremover, og som forhindrer videre vekst i lastebiltransporten.

Denne studien er bestilt av Norges Rederiforbund for å analysere og dokumentere klimaeffekten av å flytte gods fra vei til sjø. Formålet med analysen er å dokumentere reduksjon av CO₂ ved å transportere en gitt godsmengde på en intermodal sjøbasert løsning i stedet for lastebil for tre ulike transport-scenarier i Norge og mellom Norge og Europa, samt å vurdere mulige samfunns effekter et slikt skifte vil føre til.

Rapporten er strukturert på følgende måte:

- Kapittel 3 beskriver metoden og beregningsmodellene som er utviklet og brukt i studien
- Kapittel 4 beskriver scenariene og de tilhørende transportsystemene, samt tallgrunnlaget som er benyttet i analysene
- Kapittel 5 presenterer resultater av modellanalysene i form av transportarbeid, energiforbruk og klimautslipp for de bilbaserte og sjøbaserte transportsystemene.
- Kapittel 6 diskuterer usikkerhet og sensitivitet knyttet til analysene
- Samfunnsmessige betraktninger knyttet til effekten av å flytte gods fra vei til sjø er presentert i kapittel 7
- Kapittel 8 gir konklusjoner for studien.

³ Markedsanalysen er gjennomført i GodsFergen-prosjektet (www.godsfergen.no), og inneholder analyse av 6 000 selskaper og intervju med 100 selskaper.

3 METODE

3.1 Overordnet metodebeskrivelse

Transportkjedene som analyseres i denne rapporten er transport av gods som typisk fraktes mer enn 300 km og som i dag går med lastebil i langtransport til og fra norske byer langs kysten. Dette markedet er på 17-20 millioner tonn pr år, og det er et betydelig potensiale for overføring av godset fra vei til sjø.

Klimaeffekten av å flytte gods fra vei til sjø finnes ved å beregne redusert utslipp av CO₂ ved transport av en gitt godsmengde med en intermodal sjøbasert løsning i stedet for med lastebil.

Metoden i denne studien bygger på tilpasning og bruk av logistikkmodeller DNV GL har utviklet og som har vært benyttet i tidligere prosjekter. Disse er kort beskrevet i kapittel 3.2. Hovedstegene i metoden er:

1. **Transportscenarier**

Det er utviklet 3 transportscenarier hvor gods fraktes mellom byer, fra godsterminal til godsterminal. For hvert scenario sammenlignes lastebilbasert transport (semitrailer) med transport i en intermodal, sjøbasert løsning

For hvert scenario er det modellert ruter for hver transportform. Transporten med lastebil er punkt-til-punkt-ruter, mens transporten med den intermodale sjøtransportløsningen modelleres som en rute hvor skipet går rundtur mellom byene som inngår, og med innhenting og utkjøring av gods mellom godsterminalene og havnene med lastebil.

2. **Lastvolumer**

For hvert scenario og rute etableres lastmatriser basert på de lastvolumer som er beregnet fra godsstatistikk for transport av gods med lastebil fra SSB fra 2013, bearbeidet av TØI, Shortsea Promotion Centre Norway og DNV GL

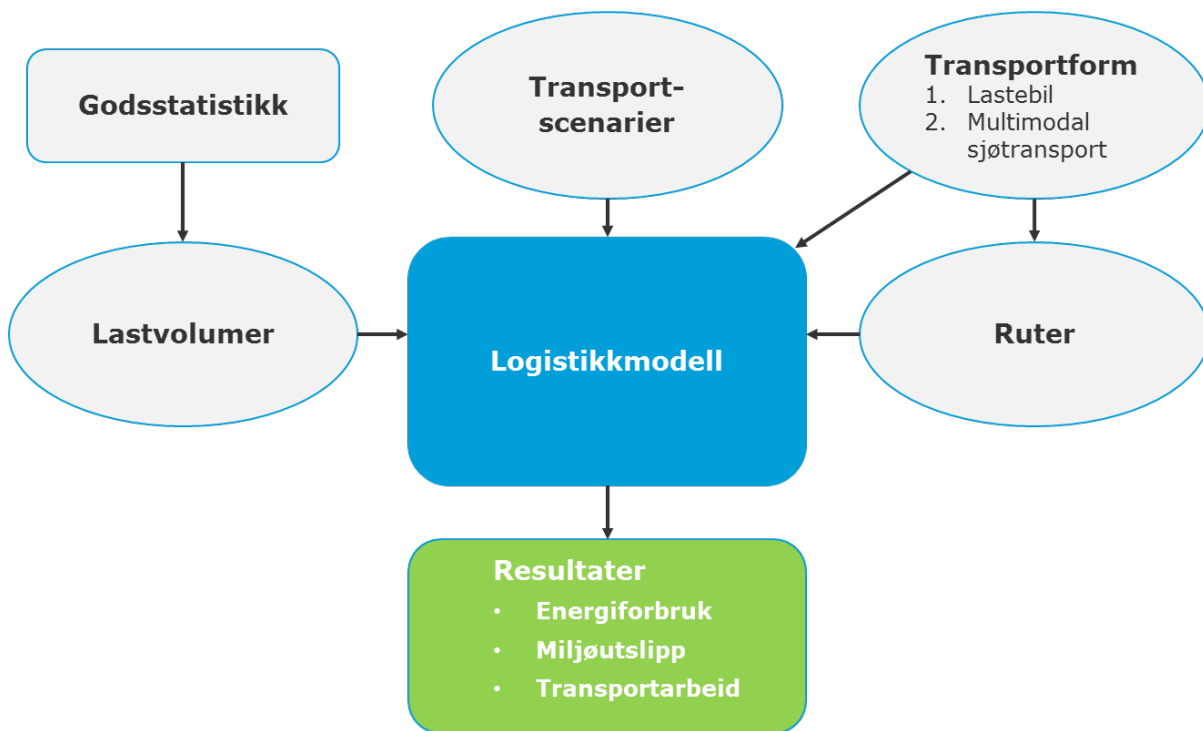
3. **Analyse**

Scenarier, ruter og lastvolumer er inngangsverdier i logistikkmodellen som er tilpasset studiens spesifikke formål. Logistikkmodellen beregner transportarbeid, energiforbruk, CO₂ pr rundtur og pr år for hver transportform (lastebil og intermodal sjøtransport). Klimaeffekten av å flytte lasten fra vei til sjø beregnes

4. **Resultatpresentasjon**

Resultatene samt forutsetninger og antagelser som ligger til grunn for beregningene er dokumentert i denne rapporten

Figur 1 på neste side illustrerer metoden som er beskrevet ovenfor og bruk av logistikkmodellene.



Figur 1 - Metode for beregning av miljøeffekt

3.2 Modeller for beregning av miljøutslipp

Det er benyttet to logistikkmodeller som er utviklet av DNV GL i denne studien /22/. Begge modellene bygger på følgende prinsipper:

- Transportscenariet modelleres for den intermodale sjøbaserte løsningen:
 - o Ruten etableres mellom utvalgte byer (havner)
 - o En distansematrise for sjøtransport gir distanser mellom byene og for hele rundturen
 - o En fast distanse for biltransport mellom havn og godsterminal benyttes (basert på typisk, gjennomsnittlig avstand mellom disse)
 - o Godsvolumer fra/til byene beregnes i en lastmatrise basert på ruten, og bygget på godsstatistikken fra SSB eller andre kilder. Lastmatrisen inneholder godsmengden som lastes og losses på en rundtur med skipet
- Transportscenariet modelleres for lastebilløsningen:
 - o Samme lastmatrise (godsmengde) benyttes som beskrevet for sjøløsningen
 - o En distansematrise for biltransport gir distanser langs hovedveiene mellom byene
 - o Biltransporten er basert på direkte punkt-til-punkt-transport gitt av lastmatrisen
- Skipet er definert med størrelse, lastkapasitet, servicehastighet, motortype og -størrelse og drivstofftype og forbruk

- Lastebilen er definert med gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse⁴, gjennomsnittshastighet, motortype (Euroklasse) og drivstofforbruk
- Logistikkmodellen kjøres, og transportarbeid, energiforbruk og klimautslipp blir beregnet:
 - o Per rundtur med den sjøbaserte løsningen og for samme godsmengde med lastebil
 - o Oppsummert pr år for begge transportformer
- Logistikkmodellen kan også beregne inntekter, kostnader, lønnsomhet og andre miljøutslipp, men det er ikke benyttet i denne studien.

En av logistikkmodellene kan også beregne effekten av å benytte landstrøm og batteri i en hybridløsning for den sjøbaserte løsningen. Dette er ikke benyttet i denne studien, men representative resultater fra tidligere studier er referert i resultatpresentasjonen i denne rapporten.

3.3 Forutsetninger og antagelser

Analysene er basert på følgende forutsetninger og antagelser:

- Godsmarkedet som er vurdert for overføring av last er stykk gods som i dag går på lastebil, basert på tall fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) for 2013 /1/. Godsstatistikken er videre bearbeidet av Transportøkonomisk institutt (TØI) /5/ og Shortsea Services i 2013 og 2014 /3/, som identifiserer 17-20 millioner tonn stykk gods som årlig transporteres med lastebil mer enn 300 km og skal mindre enn 25 km fra havn i Norge.
- Det er antatt at opp mot 30 % av dette godset kan overføres til sjø, og denne antagelsen har gitt grunnlaget for det lastvolumet som er benyttet i scenariene. Antagelsen om 30 % overførbarhet er sannsynliggjort gjennom godsanalyser og markedsstudier utført av Shortsea Services, DNV GL og NHO Logistikk og Transport utført i GodsFergenprosjektet i 2014 /4/.
- Det er forutsatt brukt skip som i størrelse og fart er tilpasset lastvolumet og som gir daglige avganger (scenario 1), avganger annen hver dag (scenario 2) og tredje hver dag (scenario 3). Markedsstudiene nevnt ovenfor har verifisert at disse frekvensene vil tilfredsstillende markedsbehovet for gods som er aktuelt for transport med en sjøbasert løsning.
- Beregningene av energiforbruk og utslipp av CO₂ er basert på at både skip og lastebiler benytter fossilt drivstoff. I alle scenariene er det lagt til grunn at skipene benytter LNG eller alternativt MDO som drivstoff. For lastebilene er det lagt til grunn Euroklasse VI og bruk av autodiesel.
- En 45 fots container på chassis er ekvivalent til en Eurotralle med hensyn til lastkapasitet. Det er antatt at markedet ser på disse alternativene som ekvivalente, og er villig til (over tid) å erstatte Eurotraller med 45 fots containere.
- Effektive havneoperasjoner og -terminaler er en forutsetning for at et intermodalt sjøtransportsystem skal kunne konkurrere med lastebilbasert transportsystem.

⁴ Basert på SSBs statistikk på godstransport med lastebiler (Lastebilundersøkelsen) og beregninger utført av TØI

4 TRANSPORTSCENARIER

4.1 Overordnet beskrivelse av scenariene

Transportkjedene som er analysert i denne rapporten er transport av gods i 45 fots containere eller Eurotraller⁵ typisk fra godsterminal-til-godsterminal, lager-til-lager, eller direkte fra avsender og til mottager. Løsningen omfatter hovedsakelig transport for kunder som alene eller kollektivt fyller opp containere/Eurotraller («full loads» eller partigods).

Containertypen brukt i analysen er HCPW⁶ (High Cube, Pallet Wide), som er 45 fots containere med samme lastekapasitet som Eurotraller.

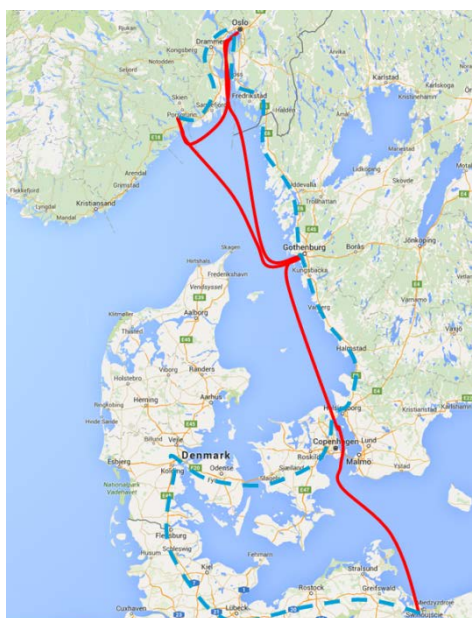
For hvert scenario er det analysert to transportalternativer:

1. Transportsystem med lastebil: Transport av last med standard vogntog, det vil si trekkbil (Euro VI standard⁷ /21/) med en Eurotralle (semitrailer), direkte mellom terminal eller varehus.
2. Intermodalt transportsystem med skip: Transporten mellom terminal/varehus og havnen i begge ender for de gitte destinasjonene er ved bruk av 45 fots containere (type HCPW) på chassis med trekkbil (samme standard som ovenfor), og ved hjelp av containerskip med LNG-drift mellom havnene, alternativt MDO-drift. Skipet møter IMOs krav til svovelutslipp i SECA⁸-områder og NO_x-krav tilsvarende Tier 3 /20/.

Det veibaserte og det sjøbaserte systemet leverer samme mengde last hvert år.

4.2 Geografisk distribusjon og godsvolumer

4.2.1 Scenario 1



Figur 2 – Rundtur scenario 1 (sjøløsning rød linje, veiløsning blå linje)

Scenario 1 er et transportsystem basert på dagens godsvolumer som dekker destinasjoner fra Swinoujscie i Polen i sør til Oslo. De følgende destinasjonene inngår i rundturen: Swinoujscie, København, Göteborg, Moss, Oslo, Brevik/Grenland, se Figur 2.

I dette scenarioet er et containerskip for kysttransport med kapasitet på 120 45' containere (250 TEU) brukt. Det er antatt at det er daglige avganger, og hver rundtur vil ta fire dager.

Godsvolumene er basert på SSBs godsstatistikk for 2013 /1/, bearbejdet av TØI, Shortsea Promotion Centre Norway og DNV GL /4//5/. For det intermodale sjøtransportssystemet er det antatt at 30 % av godsvolumet som går på vei mellom disse destinasjonene kan overføres til sjø. Dette gir lastgrunnlag for daglige avganger med det valgte skipet.

Lastmengden som transporteres er vist i Figur 3, og skipets kapasitetsutnyttelse og distanse for hver strekning på ruten er gitt i Figur 4 på neste side.

⁵ Eurotralle, normalt med 13,6 meter lengde, utgjør sammen med trekkvogn et vogntog/en semitrailer

⁶ High Cube Pallet Wide, container med plass til 33 europaller (eventuelt 66 europaller i to høyder)

⁷ Euroklasse VI er høyeste miljøstandard for tunge kjøretøyer i Europa og trådte i kraft januar 2013

⁸ Sulphur Emission Control Area, der maksimalt 0,1 % svovelinnhold tillates i drivstoffet. Naturgass (LNG) inneholder ikke svovel.

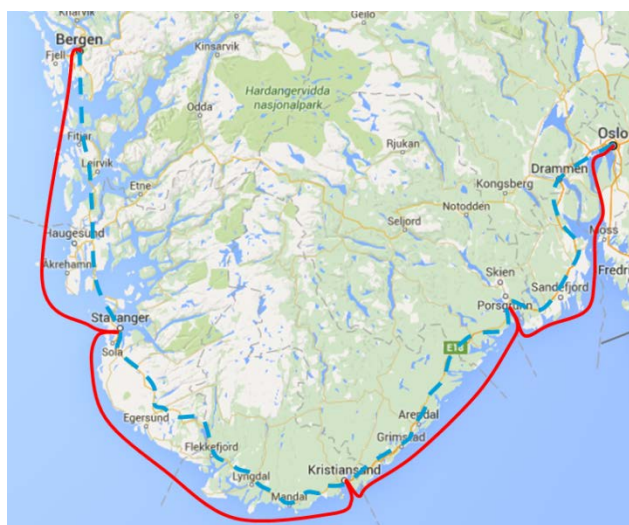
Eksport/import [antall enheter ⁹]	Swinoujscie	København	Gøteborg	Oslo	Brevik Grenland
Swinoujscie	0	0	0	72	8
København	0	0	0	15	2
Gøteborg	0	0	0	6	9
Oslo	45	9	17	0	3
Brevik Grenland	6	2	5	0	0

Figur 3 - Antall 45 fots containere fraktet hver dag

		Distanse [nm]	Enheter ombord [antall]
Swinoujscie	København	126	80
København	Gøteborg	136	97
Gøteborg	Oslo	158	112
Oslo	Brevik Grenland	85	93
Brevik Grenland	Gøteborg	119	84
Gøteborg	København	136	62
København	Swinoujscie	126	51

Figur 4 - Antall 45 fots containere om bord pr strekning

4.2.2 Scenario 2



Figur 5 – Rundtur scenario 2
(sjøløsning rød linje, veiløsning blå linje)

Scenario 2 er et transportsystem basert på dagens godsvolumer som dekker destinasjoner langs kysten fra Oslo i øst til Bergen i vest, med avganger hver andre dag. Destinasjonene som inngår er de følgende: Oslo, Brevik/Grenland, Kristiansand, Stavanger og Bergen, se Figur 5.

I dette scenarioet er et containerskip for kysttransport med kapasitet på 120 45' containere (250 TEU) brukt. Det er antatt at det er avganger hver andre dag, og hver rundtur vil ta fire dager.

Godsvolumene er basert på samme statistikk og forutsetninger som gitt i scenario 1. Det gir lastgrunnlag for avganger hver andre dag for det valgte skipet.

Lastmengden som transporteres er vist i Figur 6, og

⁹ 45 fots container (sjøalternativet) eller Eurotralle (bilalternativet)

skipets kapasitetsutnyttelse og distanse for hver strekning på ruten er gitt i Figur 7.

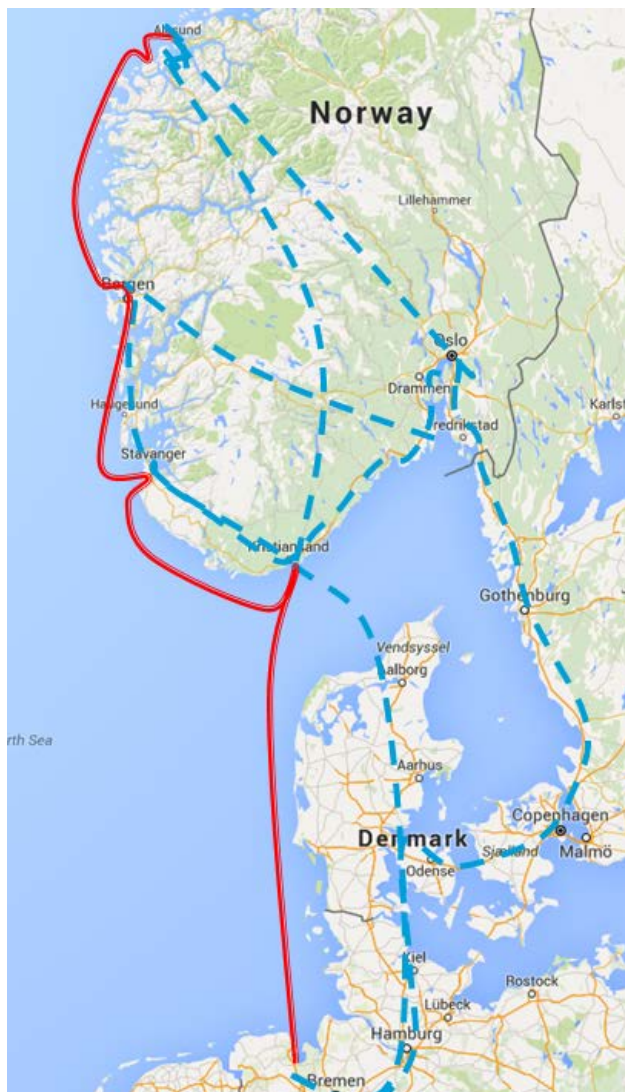
Eksport/import [antall gods]	Oslo	Brevik Grenland	Kristiansand	Stavanger	Bergen
Oslo	0	4	28	45	33
Brevik Grenland	0	0	1	10	4
Kristiansand	16	1	0	9	1
Stavanger	36	13	21	0	4
Bergen	16	4	3	10	0

Figur 6 - Antall 45 fots containere fraktet hver andre dag

Fra	Til	Distanse [nm]	Enheter ombord [antall]
Oslo	Brevik Grenland	85	110
Brevik Grenland	Kristiansand	90	120
Kristiansand	Stavanger	132	102
Stavanger	Bergen	107	42
Bergen	Stavanger	107	33
Stavanger	Kristiansand	132	93
Kristiansand	Brevik Grenland	90	86
Brevik Grenland	Oslo	85	68

Figur 7 - Antall 45 fots containere om bord pr strekning

4.2.3 Scenario 3



Scenario 3 er et transportsystem basert på transportbehov i 2040 mellom Europa og Vestlandet, som dekker destinasjoner fra Bremerhaven i Tyskland opp til Kristiansand og videre langs kysten til Ålesund, med avganger hver tredje dag. En rundtur med skip tar omtrent sju dager. Destinasjonene som inngår er: Bremerhaven, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Måløy og Ålesund, se Figur 8.

I scenariet er det antatt at halvparten av frakten med bil går gjennom Sverige, mens den resterende andelen går via ferje til Kristiansand. Biler som går via Kristiansand, går videre til Måløy og Ålesund over fjellet, og til Stavanger og Bergen via kysten.

For biler som kommer inn via Sverige, vil biler til Bergen, Måløy og Ålesund gå over fjellet, mens biler til Kristiansund og Stavanger går med ferje Moss/Horten.

Det er gjort en antagelse om at last mellom Nordvest-Europa og Vestlandet vil pakkes direkte som «full loads» og partilast, uten behov for å gå innom godsterminal i Sør-Sverige eller sentrale Østlandsområdet for ompakking.

I dette scenarioet er et containerskip (feeder) med kapasitet på 380 45' containere brukt (750 TEU).

Godsvolumene er basert på Statistisk Sentralbyrås middelscenarioer for befolkningsvekst i de større byregionene i Sør-Norge fra 2012-2040 /2/, bearbejdet av DNV GL, samt framskriving av godsstatistikken for 2013 i forhold til folketallet for 2040 /1//4//8/.

Lastmengden som transporteres er vist i Figur 9, og skipets kapasitetsutnyttelse og distanse for hver strekning på ruten er gitt i Figur 10.

Eksport/import [antall gods]	Bremerhaven	Kristiansand	Stavanger	Bergen	Måløy	Ålesund
Bremerhaven	0	67	106	117	25	60
Kristiansand	50	0	31	5	0	5
Stavanger	78	0	0	15	10	5
Bergen	86	10	36	0	10	25
Måløy	18	0	15	5	0	5
Ålesund	44	5	10	15	5	0

Figur 9 - Antall 45 fots containere fraktet hver tredje dag

Fra	Til	Distanse [nm]	Enheter ombord [antall]
Bremerhaven	Kristiansand	293	375
Kristiansand	Stavanger	132	349
Stavanger	Bergen	107	242
Bergen	Måløy	136	140
Måløy	Ålesund	80	100
Ålesund	Måløy	80	79
Måløy	Bergen	136	112
Bergen	Stavanger	107	224
Stavanger	Kristiansand	132	241
Kristiansand	Bremerhaven	293	276

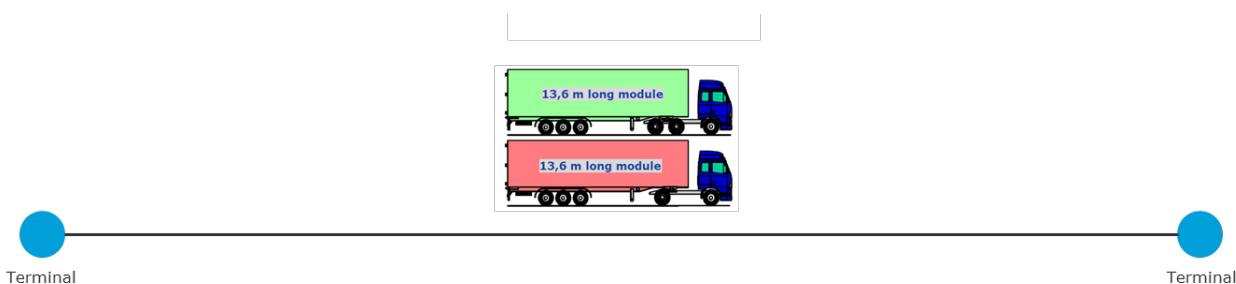
Figur 10 - Antall 45 fots containere om bord pr strekning

4.3 Transportsystem med lastebil

Transportsystemet med lastebil som er brukt i denne analysen er direkte frakt mellom terminaler eller varehus for de gitte destinasjonene med standard vogntog, det vil si en Eurotralle (semitrailer) på 13,6 meter med en trekkbil med 2 eller 3 akslinger. Euro VI utslippsstandard er brukt i alle scenariene.

Distansene brukt for transportsystemet med lastebil er fra destinasjon til destinasjon basert på frakt langs hovedveiene.

Det er antatt at lastebilen bruker gjennomsnittlig 0,6 liter per kilometer /4/. Det gjennomsnittlige lastevolumet er 15,2 tonn per vogntog /4//9/.



De totale transportdistansene for en rundtur for det samme lastvolumet som fraktes med skip langs kysten er som gitt under:

Scenario	Rute	Transportdistanse	Tid	Eurotraller levert	Total transportarbeid (tonnkm)
Scenario 1	Direkte mellom terminaler	145 317 km	4 dager	199 enheter	1 998 107
Scenario 2		108 551 km	4 dager	259 enheter	1 681 387
Scenario 3		984 900 km	7 dager	863 enheter	15 396 920

Tabell 1 – Transportarbeid med lastebil for samme lastmengde som skipets rundtur

På årlig basis er antall leverte lastenheter:

Scenario	Avganger	Eurotraller levert årlig	Årlig transportarbeid (tonnkm)
Scenario 1	Daglig	72 635 enheter	729 309 055
Scenario 2	Hver andre dag	47 268 enheter	306 853 128
Scenario 3	Hver tredje dag	104 998 enheter	1 873 291 933

Tabell 2 – Årlig transportarbeid og leverte enheter med lastebil

4.4 Intermodalt transportsystem med skip

Det intermodale transportsystemet er delt opp i veitransport mellom terminalen eller varehuset og havnene, og skip mellom havnene. Transporten mellom terminal/varehus og havnen i begge ender for de gitte destinasjonene er ved bruk av 45 fots containere (type HCPW) på chassis med trekkbil med Euro VI utslippsstandard, og ved hjelp av containerskip med LNG-drift mellom havnene. Det er også analysert et alternativ hvor skipet benytter MDO som drivstoff. I havnen løftes containeren av chassiset og om bord i skipet og i andre enden løftes containeren fra skipet og på chassiset igjen.



Distansene brukt for det intermodale transportsystemet er rundturen for hvert skip i de ulike scenarioene med seilingsdistanse mellom hver havn, og en gjennomsnittlig veidistanse mellom havn og terminal/varehus i hver ende av containertransporten på 10 km /4/.

Det gjennomsnittlige lastevolumet er 15,2 tonn per container /4//9/. Antall containere ombord i skipene varierer mellom de ulike destinasjonene basert på lastmatrisene gitt under 4.2.

Rundturdistanser og -tid for skipet sammen med antall enheter levert og utført transportarbeid er:


Scenario	Transportdistanse	Tid	45 fots containere levert	Totalt transportarbeid (tonnkm)
Scenario 1	1 641 km	4 dager	199 enheter	1 921 852
Scenario 2	1 533 km	4 dager	259 enheter	2 028 511
Scenario 3	2 771 km	7 dager	863 enheter	10 882 093

Tabell 3 – Transportarbeid med sjøløsning pr rundtur

På årlig basis er antall leverte lastenheter:

Scenario	Avganger	45 fots containere levert årlig	Årlig transportarbeid (tonnkm)
Scenario 1	Daglig	72 635 enheter	701 475 980
Scenario 2	Hver andre dag	47 268 enheter	370 203 258
Scenario 3	Hver tredje dag	104 998 enheter	1 323 987 982

Tabell 4 – Årlig transportarbeid og leverte enheter med sjøløsning



Det er antatt at skipene seiler med en gjennomsnittlig servicehastighet på 14 knop og er gassdrevet (LNG). I tillegg er det analysert et alternativ hvor skipene benytter MDO som drivstoff.

- I scenario 1 og 2 har skipet en kapasitet på 120 enheter og har en motor på 3 500 MW.
- I scenario 3 har skipet en kapasitet på 380 enheter og har en motor på 7 500 MW.

5 ENERGIFORBRUK OG MILJØUTSLIPP

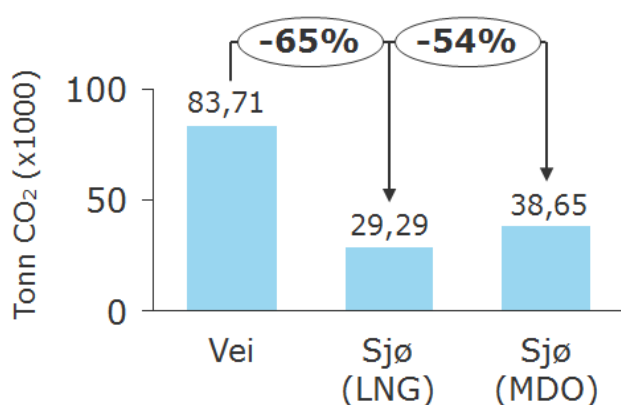
Basert på det utførte transportarbeidet i hvert scenario som er dokumentert i kapittel 4, er drivstoffforbruk og klimautslipp beregnet for hvert scenario. Resultatene nedenfor viser at CO₂-utslippene reduseres med 54-80 % og energiforbruket med 41-74 % for de valgte scenariene med LNG-drift ved overføring av gods fra vei til sjø. For alternativet med MDO-drift reduseres at CO₂-utslippene med 39-73 %, mens reduksjonen i energiforbruk blir det samme som for LNG-alternativet.

5.1 Scenario 1: Europa – Oslofjorden (i dag)

Energiforbruket og CO₂-utslipp for scenario 1 er:

	Energiforbruk		CO ₂ -utslipp	
	Pr rundtur kwh	Pr år kwh	Pr rundtur (tonn)	Pr år (tonn)
Transportsystem med lastebil	876 360	319 871 400	229	83 706
Intermodalt transportsystem med skip (LNG)	392 529	143 273 231	80	29 293
Intermodalt transportsystem med skip (MDO)	392 529	143 273 231	106	38 651
	Pr rundtur (%)	Pr år (%)	Pr rundtur (%)	Pr år (%)
Reduksjon fra vei til sjø (LNG)	55 %	55 %	65 %	65 %
Reduksjon fra vei til sjø (MDO)	55 %	55 %	54 %	54 %

Tabell 5 – Energiforbruk og klimautslipp for scenario 1



Figur 11 - CO₂-reduksjon for scenario 1

Effekt av å flytte last fra vei til sjø i scenario 1

For scenario 1 bruker transportsystemet med skip 45 % av energien som behøves for å transportere samme godsmengde med bil, og har for LNG-alternativet et CO₂-utslipp som er 35 % av lastebil, noe som tilsvarer en reduksjon på 65 % ved å flytte transporten av last fra vei til sjø.

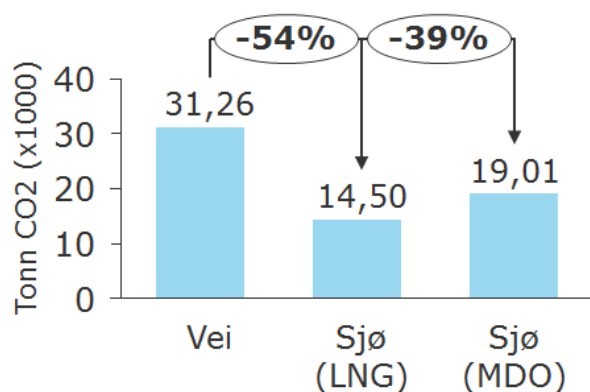
For MDO-alternativet er energiforbruket 45 % av å transportere samme godsmengde med bil. CO₂-utslippet utgjør 46 % av lastebil, noe som tilsvarer en reduksjon på 54 % ved å flytte transporten av last fra vei til sjø.

5.2 Scenario 2: Sør-Norge (i dag)

Energiforbruket og CO₂-utslipp for scenario 2 er:

	Energiforbruk		CO ₂ -utslipp	
	Pr rundtur kwh	Pr år kwh	Pr rundtur (tonn)	Pr år (tonn)
Transportsystem med lastebil	654 563	119 457 662	171	31 260
Intermodalt transportsystem med skip (LNG)	386 268	70 493 935	79	14 498
Intermodalt transportsystem med skip (MDO)	386 268	70 493 935	104	19 005
	Pr rundtur (%)	Pr år (%)	Pr rundtur (%)	Pr år (%)
Reduksjon fra vei til sjø (LNG)	41 %	41 %	54 %	54 %
Reduksjon fra vei til sjø (MDO)	41 %	41 %	39 %	39 %

Tabell 5 Energiforbruk og klimautslipp for scenario 2



Figur 12 - CO₂-reduksjon for scenario 2

Effekt av å flytte last fra vei til sjø i scenario 2

Transportsystemet med skip bruker 59 % av energien som behøves for å transportere samme godsmengde med bil. For LNG-alternativet er CO₂-utslippet 46 % av lastebil, noe som tilsvarer en reduksjon på 54 % ved å flytte transporten av last fra vei til sjø.

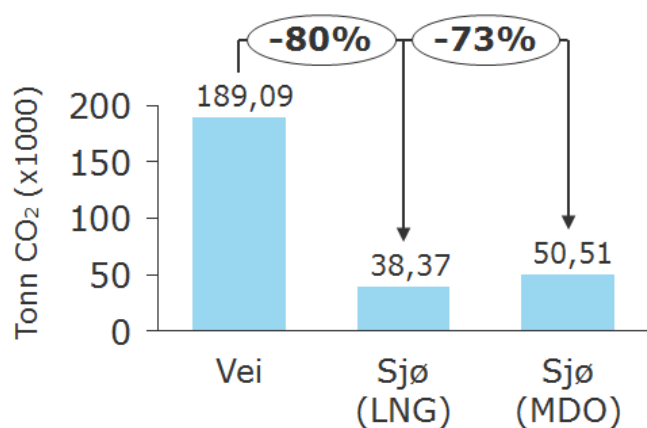
For MDO-alternativet er energiforbruket 59 % av å transportere samme godsmengde med bil. CO₂-utslippet utgjør 61 % av lastebil, noe som tilsvarer en reduksjon på 39 % ved å flytte transporten av last fra vei til sjø.

5.3 Scenario 3: Europa – Vestlandet (mulig i 2040)

Energiforbruket og CO₂-utslipp for scenario 3 er:

	Energiforbruk		CO ₂ -utslipp	
	Pr rundtur kwh	Pr år kwh	Pr rundtur (tonn)	Pr år (tonn)
Transportsystem med lastebil	5 938 944	722 571 518	1 554	189 087
Intermodalt transportsystem med skip (LNG)	1 539 322	187 284 164	315	38 365
Intermodalt transportsystem med skip (MDO)	1 539 322	187 284 164	415	50 513
	Pr rundtur (%)	Pr år (%)	Pr rundtur (%)	Pr år (%)
Reduksjon fra vei til sjø (LNG)	74 %	74 %	80 %	80 %
Reduksjon fra vei til sjø (MDO)	74 %	74 %	73 %	73 %

Tabell 6 Energiforbruk og klimautslipp for scenario 3



Figur 13 - CO₂-reduksjon for scenario 3

Effekt av å flytte last fra vei til sjø i scenario 3

Transportsystemet med skip som benytter LNG bruker 26 % av energien som behøves for å transportere samme godsmengde med bil. CO₂-utslippet er 20 % av lastebil, noe som tilsvarer en reduksjon på 80 % ved å flytte transporten av last fra vei til sjø.

Sjøtransportsystemet med skip som benytter MDO som drivstoff har også et energiforbruk som er 26 % av bil. CO₂-utslippet er 27 % av å transportere samme godsmengden med bil, og dette tilsvarer en reduksjon av CO₂ på 73 % ved å flytte lasten fra vei til sjøtransportsystemet.

De viktigste faktorene til den store forskjellen i energiforbruk og CO₂-utslipp er (1) lavere energiforbruk og utslipp per transportert kilometer og (2) lengre transportavstander for lastebilene. I scenariet er det antatt at halvparten av lastebilene kjører gjennom Sverige og halvparten kjører gjennom Danmark og med ferje over til Kristiansand. Lastebilene som går til Bergen, Måløy og Ålesund går over fjellet både fra Kristiansand og Oslo, mens lastebilene som skal til Kristiansand og Stavanger kommer med ferje fra Danmark, se Figur 8 – Rundtur scenario 3. Dette er representativt for dagens transportmønster med bil, og gir i gjennomsnitt en betydelig lengre distanse for lastebilene enn skipet. Scenariet demonstrerer den store gevinsten av i større grad å etablere direkte distribusjon av gods mellom Vestlandet og Europa ved å bruke intermodale sjøtransportløsninger.

En samfunnsmessig tilleggseffekt vil være at overføringen av gods fra vei til sjø vil redusere veksten i lastebiltransporten frem mot 2040, og dermed medføre lavere veiinfrastrukturkostnader for samfunnet.

6 USIKKERHET – SENSITIVITETSANALYSE

I dette kapitlet er usikkerhet knyttet til denne studien diskutert. I tillegg er resultater fra sensitivitetsanalyser både med hensyn til lastgrunnlag, kapasitetsutnyttelser og logistikkmodellene presentert. Analysene viser at god kapasitetsutnyttelse av skipet er avgjørende for å oppnå den positive miljøeffekten av å flytte gods fra vei til sjø. Analysen viser samtidig at kapasitetsutnyttelsen må være meget lav for at miljøregnskapet skal komme dårligere ut for sjøtransportløsningen.

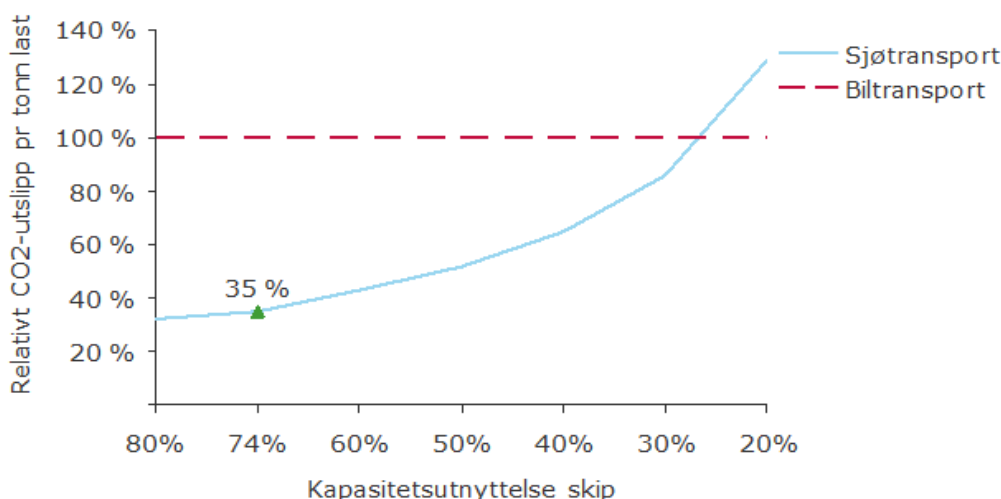
6.1 Lastgrunnlag og kapasitetsutnyttelse

6.1.1 Scenario 1

Analysen av klimaeffekter måler utslipp i forhold til fraktet godsmengde. For den intermodale, sjøbaserte løsningen er det relative utslippet svært avhengig av kapasitetsutnyttelsen av skipet, som følger av antall containere fraktet mellom de ulike havnene og tilhørende energiforbruk. For scenario 1 er den gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelsen 74 % per rundtur, noe som skyldes antatt stor lasttilgang og god retningsbalanse.

Lastmengden er basert på en antagelse om at opp mot 30 % av lasten som i dag går med bil i dette scenariet, kan overføres til sjø. Tidligere analyser, både GodsFergen-prosjektet og «bred samfunnsanalyse for NTP 2018-2027», konkluderer med at dette er mulig.

Dette er likevel forbundet med usikkerhet, og en sensitivitetsanalyse som vurderer relativt CO₂-utslipp pr tonn last, viser at klimafordelen med sjøløsningen i vesentlig grad er avhengig av god kapasitetsutnyttelse av skipet. Ved en kapasitetsutnyttelse på 74 % er CO₂-utslippet for sjøtransportløsningen med LNG som drivstoff 35 % av utslippet for lastebil. Denne klimafordelen reduseres ved lavere kapasitetsutnyttelse av skipet, når kapasitetsutnyttelsen for lastebil holdes fast¹⁰. Ved en kapasitetsutnyttelse på 26 % for skipet, vil CO₂-utslippet pr fraktet tonn gods være det samme for begge transportformene. Blir den enda lavere, vil billøsningen gi lavere utslipp.



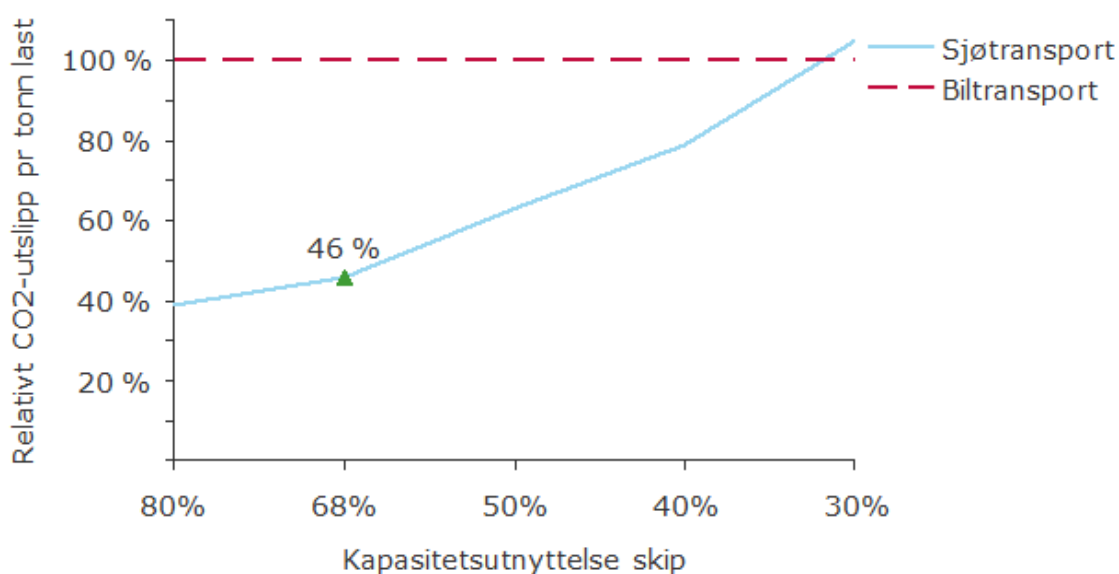
Figur 14 – Scenario 1: relativt CO₂-utslipp med varierende kapasitetsutnyttelse for skipet med LNG

¹⁰ Kapasitetsutnyttelsen av lastebil som er benyttet i denne studien er basert på SSBs statistikk for godstransport med lastebil, analyser utført av TØI og en lastebilundersøkelse utført av Rambøll. Disse analysene viser godt samsvar i resultater og er basert på et stort datagrunnlag. Det er derfor liten usikkerhet knyttet til den gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelsen av langtransport med lastebil, og derfor en rimelig antagelse at den kan beholdes konstant i denne studien.

6.1.2 Scenario 2

For scenario 2 er den gjennomsnittlige kapasitetsutnyttelsen av skipet på 68 %. Som for scenario 1 er dette basert på en antagelse om at opp mot 30 % av lasten som i dag går med bil i dette scenariet, kan overføres til sjø.

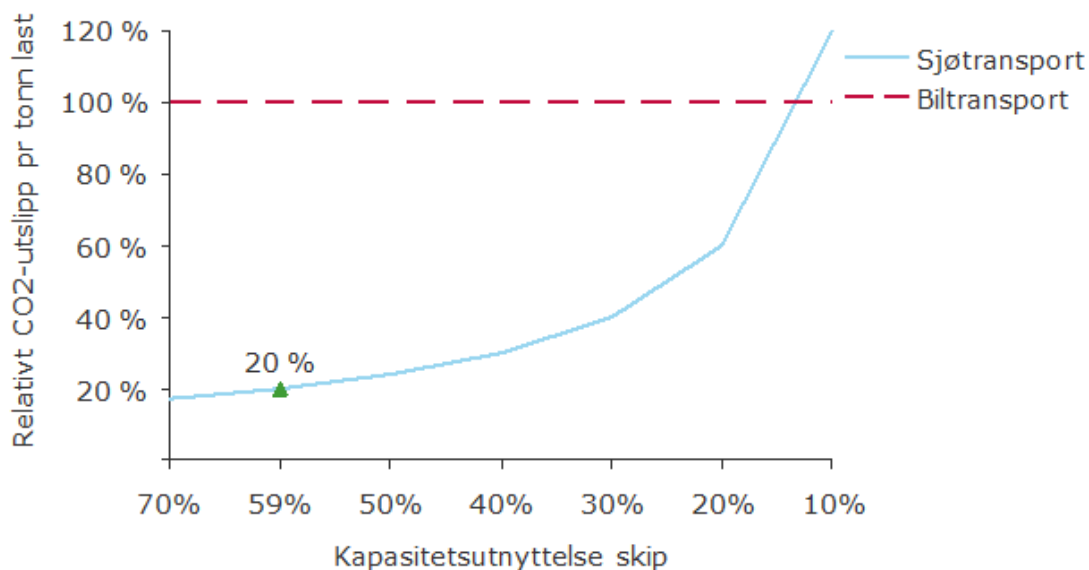
Tilsvarende sensitivitetsanalyse for dette scenariet viser på samme måte at klimafordelen med sjøløsningen er avhengig av god kapasitetsutnyttelse av skipet. Ved en kapasitetsutnyttelse på 68 % av skipet er CO₂-utslippet for sjøtransportløsningen med LNG som drivstoff 46 % av utslippet for lastebil. Denne klimafordelen reduseres ved lavere kapasitetsutnyttelse av skipet, når kapasitetsutnyttelsen for lastbil holdes fast. Ved en kapasitetsutnyttelse på 32 %, vil CO₂-utslippet pr fraktet tonn gods være det samme for begge transportformene. Blir den enda lavere, vil billøsningen gi lavere utslipp.



Figur 15 – Scenario 2: relativt CO₂-utslipp med varierende kapasitetsutnyttelse for skipet med LNG

6.1.3 Scenario 3

For scenario 3 er klimaanalysen basert på et lastvolum om bord i skipet som gir en gjennomsnittlig kapasitetsutnyttelse på 59 %. Som for de andre scenariene, viser sensitivitetsanalysen at klimafordelen med sjøløsningen er avhengig av god kapasitetsutnyttelse av skipet. Ved en kapasitetsutnyttelse på 59 % av skipet er CO₂-utslippet for sjøtransportløsningen med LNG som drivstoff 20 % av utslippet for lastebil. Denne klimafordelen reduseres ved lavere kapasitetsutnyttelse av skipet, når kapasitetsutnyttelsen for lastbil holdes fast. Ved en kapasitetsutnyttelse på 12 % for skipet, vil CO₂-utslippet pr fraktet tonn gods være det samme for begge transportformene. Blir den enda lavere, vil billøsningen gi lavere utslipp.



Figur 16 – Scenario 3: relativt CO₂-utslipp med varierende kapasitetsutnyttelse for skipet med LNG

6.2 Sensitivitetsanalyse av logistikkmodellene

Logistikkmodellene er tidligere benyttet i tilsvarende analyser som denne studien, blant annet i GodsFergen-prosjektet og Grønt Kystfartsprogram. Det har da vært gjennomført tester og sensitivitetsanalyser av modellene for å avdekke eventuelle svakheter i modellene som kan gi feil eller store utslag i resultater ved relativt små endringer i input til modellene /4//17//18/. Modellene er funnet å være robuste og gi realistiske resultater. Disse testene og sensitivitetsanalysene er vurdert å være gyldige også for analysen som er presentert i denne rapporten.

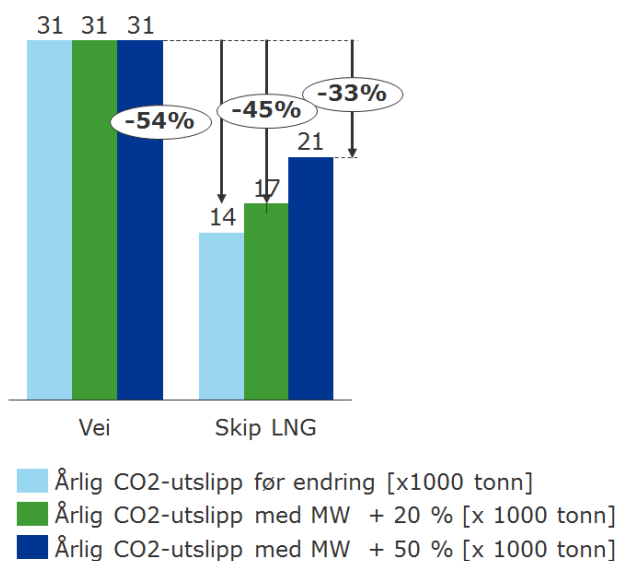
For denne studien har vi gjennomført tre sensitivitetsanalyser knyttet til logistikkmodellene:

- Variasjon i *drivstofforbruk* for skipet
- Variasjon i *transportdistansene* for den sjøbaserte løsningen
- Variasjon i *lastmengde* og dermed kapasitetsutnyttelse av skipet

Resultatene er gitt nedenfor.

6.2.1 Energiforbruk (drivstofforbruk)

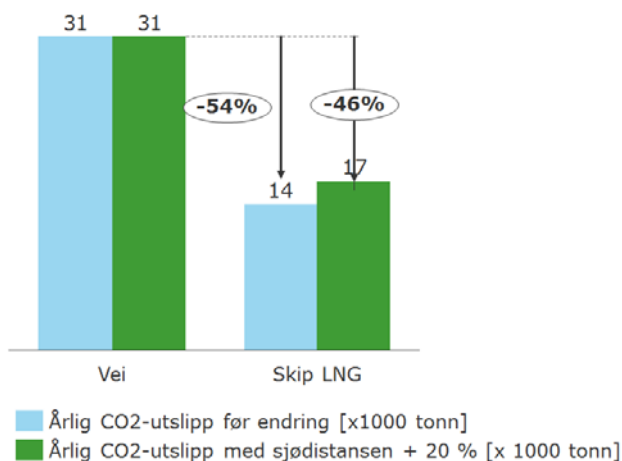
Ved å øke drivstofforbruket i Scenario 2 med 20 % og 50 %, ser vi at det årlige CO₂-utslippet for LNG-alternativet øker fra 14 000 tonn til henholdsvis 17 000 tonn og 21 000 tonn. Selv med 50 % økning i drivstofforbruket vil reduksjonen av å flytte last fra vei til sjø være hele 33 %, se Figur 17. Resultatene viser en tilnærmet lineær variasjon og dokumenterer at logistikkmodellene ikke er spesielt sensitive for variasjon av denne parameteren.



Figur 17 – Sensitivitet av å øke drivstofforbruket for skipet med LNG-drift med henholdsvis 20 % og 50 %, mens lastebilforbruket holdes konstant

6.2.2 Transportdistanse

Ved å øke distansen tilbakelagt for den intermodale sjøløsningen i Scenario 2 med 20 %, øker det årlige CO₂-utslippet fra 14 000 tonn til 17 000 tonn. Sjøløsningen med LNG som drivstoff vil fremdeles gi en stor reduksjon i CO₂-utslipp med 46 %, se Figur 18. Resultatene viser også for denne parameteren en tilnærmet lineær variasjon og dokumenterer at logistikkmodellene ikke er spesielt sensitive for variasjon av denne parameteren.



Figur 18 - Sensitivitet av å øke sjødistanse med 20 % (skip med LNG-drift) og veidistansen holdt konstant

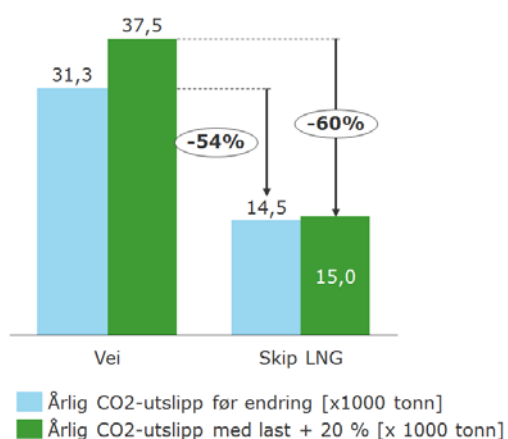
6.2.3 Lastmengde

Ved å øke lastmengden med 20 % ser vi at CO₂-mengden for veitransport øker fra 31 300 tonn til 37 500 tonn, noe som også er en økning på 20 %. Dette er fordi kapasitetsutnyttelsen av lastebil er holdt konstant, slik at økningen er forutsatt tatt av flere biler og drivstofforbruket øker da proporsjonalt.

For den sjøbaserte transporten vil økningen i last ha relativt liten effekt da skipet uansett vil gå den samme strekningen, men nå med flere containere, dvs. tyngre last. Vi ser av Figur 19 at reduksjonen av CO₂-utslippet for LNG-alternativet forbedrer seg fra 54 % til 60 % ved å flytte gods fra vei til sjø, når godsmengden øker med 20 %.

Ved å modellere en 20 % økning av lastmengden på skipet vil imidlertid enkelte av strekningene ha høyere lastmengde (antall containere) enn kapasiteten til skipet brukt i scenariet. Denne sensitivitetsanalysen vil derfor ikke gi et helt realistisk bilde, se Figur 19 der røde tall viser for høy last om bord. Skal lastøkningen håndteres må skipet være større, noe som vil øke motorstørrelsen og dermed energiforbruket. Egne analyser av det nye skipet vil vise hvor mye energiforbruket øker med, men det er sannsynlig at forholdstallet med sjø- og billøsningen vil være bedre for et større skip, gitt samme kapasitetsutnyttelse.

I de tre scenariene som er analysert, er lastmengden tilpasset skipenes kapasitet, slik at mulige effekter av overlastning av skipene er eliminert.



Figur 19 - Sensitivitet av å øke lasten med 20 % for vei og sjø (skip med LNG-drift)

Fra	Til	Last ombord [enheter]
Oslo	Brevik Grenland	133
Brevik Grenland	Kristiansand	146
Kristiansand	Stavanger	123
Stavanger	Bergen	51
Bergen	Stavanger	40
Stavanger	Kristiansand	112
Kristiansand	Brevik Grenland	103
Brevik Grenland	Oslo	81

Figur 20 - Last pr strekning for containerskipet med kapasitet på 120 enheter

7 SAMFUNNSMESSIGE BETRAKTNINGER

Norske myndigheter har satt ambisiøse mål for reduksjon i klimagassutslipp med opp mot 40 % reduksjon av utslipp fra ikke-kvotepliktig sektor der transport er viktigste utslippskilde. Det må derfor tas store reduksjoner i klimagassutslipp i transportsektoren /12//13//15/. Overføring av gods fra vei til sjø vil være et bidrag til slik reduksjon. Bruk av innblandet eller 100 % biodrivstoff eller fullelektrisk fremdrift vil redusere eller eliminere klimagassutslippene både fra lastebil og skip. Dette vil imidlertid ikke endre på at intermodale sjøtransportløsninger vil redusere energiforbruket tilsvarende som for scenariene i denne studien (41-74 %) i forhold til lastebil, uavhengig av drivstofftype.

7.1 Overføringspotensiale

Som nevnt innledningsvis i denne rapporten er det identifisert 17-20 millioner tonn stykkgoods som årlig transporteres med lastebil mer enn 300 km og skal mindre enn 25 km fra havn i Norge. Markedsanalysene utført av Shortsea Services, DNV GL og NHO Logistikk og Transport¹¹ /4//19/ viser at omkring 30 % av denne godsmengden er overførbart til sjø. Tilsvarende konklusjoner er gjort i en bred samfunnsanalyse for godstransport som inngår i arbeidet med Nasjonal transportplan (NTP) for 2018-2029 /12/ /13/ /14/.

Ser vi fremover, viser SSBs scenarier for utvikling av befolkningstallet frem mot 2040 at i de store byregionene i Sør-Norge vil befolkningen øke med 30-40 % /2/. Dette innebærer at godstransporten vil kunne øke nærmere 50 % for disse regionene i samme periode /6/. Dette forsterker behovet for tiltak som reduserer energiforbruk og klimautslipp fremover, og som spesielt begrenser videre vekst av langtransport med lastebil.

7.2 Mulige samfunnseffekter

Dersom man bruker klimaeffekten fra scenario 1 og 2 i denne studien som grunnlag, vil en overføring av 5 millioner tonn gods fra vei til sjø medføre at CO₂-utslippet vil reduseres med 300 000 tonn pr år ved bruk av LNG som drivstoff for skipene. Dette tilsvarer 320 millioner trailer-km (inkludert tomkjøring) og 3,5 milliarder tonn-km transportarbeid. Det reduserte CO₂-utslippet tilsvarer også effekten av at 150 000 el-biler erstatter fossile personbiler i Norge. Lokal forurensning i form av SO_x- og NO_x-utslipp vil i tillegg reduseres.

Det anslås at overføring av 5 millioner tonn fra vei til sjø, vil kunne gi en samfunnsgevinst på 1,3 milliarder kroner pr år /4/. Beregningen er basert på at overføringen til sjø vil representere en svært lav kostnad for myndighetene, og med bruk av TØIs tall for "marginale eksterne kostnader for vegtrafikk"¹² /10/. Kostnad for veislitasje vil falle med kr 245 millioner årlig. På basis av historiske tall vil det bli 8 færre dødsfall per år som involverer tunge kjøretøy og årlig 12 færre hardt skadde /4/. I tillegg har også samfunnet gevinst av redusert svevestøv og økt fremkommelighet i de store byene.

Med 50 % vekst i godsmengden frem mot 2040, og samme andel av godset på sjø, vil 7,5 – 10,5 millioner tonn kunne gå sjøveien i stedet for med lastebil, gitt at man klarer å få til et skifte over til sjøtransport, slik som beskrevet ovenfor. Det vil i så fall innebære et redusert CO₂-utslipp på 450 000 tonn pr år (LNG som drivstoff). Samfunnets besparelser på utvikling av ny og forbedret veiinfrastruktur og på redusert veislitasje vil være betydelige. Det bør være en ambisjon å ta en forholdsmessig større andel av veksten på sjø med økte samfunnsgevinster som effekt.

¹¹ Markedsanalysen er gjennomført i GodsFergenprosjektet (www.godsfergen.no), og inneholder analyse av 6 000 selskaper og intervju med 100 selskaper.

¹² TØI-rapport 1307/2014

7.3 Tiltak for å bidra til godsoverføring

GodsFergen-prosjektet (2013-15) /4/ utviklet et sjøbasert transportkonsept for de store kystbyene i Sør-Norge, og konkluderte med at en flåte med 13 skip med tilsvarende størrelse som brukt i scenario 1 og 2, vil erstatte opp mot 300 000 transporter med lastebil pr år. Konseptet viser også at det er mulig å oppnå høy frekvens i form av daglige avganger med de angitte godsvolumene.

Analysen i det nevnte prosjektet viser at konseptet er lønnsomt, samtidig som det er konkurransedyktig på pris for transporten fra godsterminal til godsterminal. En fullt utviklet løsning med kapasitet til å dekke det identifiserte godsvolumet vil gi en omsetning på 1-1,2 milliarder kr og ha lønnsomhet med en pris som ligger 20-30 % lavere enn tilsvarende for biltransport.

Dersom overføringen av gods skal skje i et volum som beskrevet ovenfor, anbefaler vi tiltak fra myndighetene i samarbeid med næringen i form av:

1. Gi incentiver til økt bruk av sjø i en overgangsperiode inntil tilstrekkelig godsvolumer på sjø er etablert
2. Utvikle svært effektive kystterminaler for kystlinjefart med høy frekvens
3. Gi tilskudd til utvikling av og investering i miljøvennlige, høyproduktive kystlinjeskip.

Norske myndigheter har satt ambisiøse mål for reduksjon i klimagassutslipp med opp mot 40 % reduksjon av utslipp fra ikke-kvotepliktig sektor der transport er viktigste utslippskilde. Det må derfor tas store reduksjoner i klimagassutslipp i transportsektoren /12//13//15/. Overføring av gods fra vei til sjø vil være et bidrag til slik reduksjon. Bruk av innblandet eller 100 % biodrivstoff eller fullelektrisk fremdrift vil redusere eller eliminere klimagassutslippene både fra lastebil og skip. Dette vil imidlertid ikke endre på at intermodale sjøtransportløsninger vil redusere energiforbruket tilsvarende tallene som for scenariene i denne studien (41-74 %) i forhold til lastebil, uavhengig av drivstofftype.


7.4 Alternative drivstoff – reduksjon i klimautslipp og lokal forurensing

I denne studien er det benyttet drivstoff og tilhørende motorteknologier som betraktes som de mest miljøvennlige som er kommersielt tilgjengelige i dag for langtransport med bil og skip.

Lastebilteknologien har utviklet seg hurtig de siste 15-20 årene, både med hensyn til energi-effektivisering, men spesielt som følge av Euroklassekravene for reduksjon av lokale utslipp (spesielt NO_x og partikler, redusert til 1/10 siden år 2000) og krav til dagens autodiesel med maksimalt svovelinhold på 10 ppm (parts per million). Fremover forventes økt innblanding av biodiesel og hybridløsninger. I lokal transport vil batteriløsninger forventes å komme. Hydrogenbaserte løsninger vil muligens komme på sikt, både for lokal transport og langtransport.

Mange av dagens skip går på MDO (marin diesel olje) eller tyngre oljer. Det reneste drivstoffet for skipstransport som er aktuelt over lange avstander i dag, både med hensyn til klimautslipp og lokale utslipp, er LNG. Sammenlignet med MDO har LNG 15-20 % lavere CO₂-utslipp¹³, NO_x-utslipp som er 1/10 og SO_x-utslippet som er eliminert. Landstrøm, hybridløsninger og innblanding av biogass (i LNG) og biodiesel (i MDO) forventes å komme fremover. Studier DNV GL har gjort viser at hybridløsning med batteri og landstrøm (strøm basert på fornybar energi) vil kunne redusere CO₂-utslippet med ytterligere 10-15 % i forhold til resultatene presentert i denne studien. Bruk av batteridrift nær tettbygde strøk og i

¹³ Avhenger imidlertid av hvilken motortekniske løsning som velges, først og fremst mtp. nivå av metanutslipp. For enkelte LNG-løsninger kan klimagassutslippet være tilsvarende det en har ved bruk av diesel.



havn vil også eliminere lokal forurensing i disse områdene. For lokale og regionale sjøtransportløsninger forventes også rene batteriløsninger å komme, også her muligens hydrogenbaserte løsninger på sikt.

Både lastebiler som tilfredsstillende Euroklasse VI og skip med LNG-drift har lave lokale utslipp. For de valgte scenariene viser analyser likevel at sjøtransportsystemet er vesentlig bedre, og ved overføring av gods fra vei til sjø vil SO_x-utslippene reduseres med 95 -98 % og NO_x-utslippene med 32 - 74 %.

MDO vil bidra til vesentlig reduksjon i klimagassutslipp ved godsoverføring, mens lokale utslipp (SO_x og NO_x) vil være vesentlig høyere enn for lastebil, selv om en forutsetter at de strengeste kravene til NO_x-utslipp (Tier 3) trer i kraft i Nordsjøen og Østersjøen. Biodiesel på skip antas å ha tilsvarende NO_x-utslipp som fossil diesel. Bruk av batteridrift nær tettbygde strøk og i havn vil imidlertid kunne eliminere lokal forurensing i disse områdene.

8 KONKLUSJONER

Denne studien viser at intermodale sjøtransportsystemer har et vesentlig lavere energiforbruk og klimautslipp enn bilbaserte transportsystemer for samme godsmengde. Overføring av gods fra vei til sjø vil derfor være et betydelig bidrag til å redusere samfunnets utslipp av klimagasser.

For de valgte scenariene viser analysene at ved overføring av gods fra vei til sjø med skip som bruker LNG som drivstoff, vil:

- **Energiforbruket reduseres med 41 -74 %**
- **CO₂-utslippene reduseres med 54- 80 %**

Dersom MDO benyttes som drivstoff for skipene i scenariene vil effekten av overføring av gods være:

- Energiforbruket reduseres med 41 - 74 %
- CO₂-utslippene reduseres med 39 - 73 %

I de tre scenariene har alle intermodale transportsystemer med skip¹⁴ blitt sammenlignet med likeverdige transportsystemer med lastebiler som transporterer samme godsmengde:

- Scenario 1: Europa – Oslofjorden (i dag)
Et transportsystem med daglige avganger basert på dagens godsvolumer som dekker destinasjonene Swinoujscie, København, Göteborg, Moss, Oslo, Brevik/Grenland. Ved 30 % overføring av godset fra vei til sjø med LNG-skip for scenario 1, vil årlig CO₂-utslipp reduseres med 65 %.
- Scenario 2: Sør-Norge (i dag)
Et transportsystem med avganger hver andre dag basert på dagens godsvolumer som dekker destinasjonene Oslo, Brevik/Grenland, Kristiansand, Stavanger og Bergen. For scenario 2 vil 30 % overføring fra vei til sjø med LNG-skip redusere det årlige CO₂-utslippet med 54 %.
- Scenario 3: Europa – Vestlandet (mulig i 2040)
Et transportsystem med avganger hver tredje dag basert på transportbehov i 2040 mellom Europa og Vestlandet, og som dekker destinasjonene Bremerhaven, Kristiansand, Stavanger, Bergen, Måløy og Ålesund. For scenario 3 vil 30 % overføring fra vei til sjø med LNG-skip redusere det årlige CO₂-utslippet med 80 %.

Dersom man bruker klimaeffekten fra scenario 1 og 2 i denne studien som grunnlag, vil en overføring av 5 millioner tonn gods fra vei til sjø medføre at CO₂-utslippet vil reduseres med 300 000 tonn pr år (skip med LNG-drift). Dette vil erstatte opp mot 300 000 langtransporter med lastebil pr år og tilsvarer klimaeffekten av at 150 000 el-biler erstatter fossile personbiler i Norge. Frem mot 2040 vil overføringen fra vei til sjø kunne mer enn fordobles og gi ytterligere samfunnsmessige gevinster.

En studie utført av DNV GL i 2015 analysert effekten av bruk av batteri i en hybridløsning med LNG-motor og landstrøm (som inkluderer lading av batterisystemet) på containerskip /17/. I transportsystemer som tilsvarer scenariene i denne rapporten, vil batteri og landstrøm (strøm basert på fornybar energi) kunne redusere CO₂-utslippet med ytterligere 10-15 % i forhold til resultatene presentert ovenfor.

Bruk av innblandet eller 100 % biodrivstoff eller fullelektrisk fremdrift vil redusere eller eliminere klimagassutslippene både fra lastebil og skip. Dette vil imidlertid ikke endre på at intermodale sjøtransportløsninger vil redusere energiforbruket med 50-80 % i forhold til lastebil, uavhengig av drivstofftype.

¹⁴ Fra godsterminal til godsterminal, inkludert kjøring mellom havn og terminal med lastebil i begge ender.

9 REFERANSER

- /1/ Statistisk Sentralbyrå, Godsstatistikk for 2013
- /2/ Statistisk Sentralbyrå, Befolkningsscenarier frem mot 2040
- /3/ Shortsea Shipping Norway, www.shortseashipping.no
- /4/ Dale, Haram, Johannessen og Norbeck (2015), "GodsFergen – Fremtidens Kysttransport", Sluttrapport, DNV GL, Oslo
- /5/ Johansen og Hovi (2013), "Datagrunnlag om overføringspotensial fra veg- til sjøtransport", Arbeidsdokument 50294, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- /6/ Hovi og Eidhammer (2013), "Fremtidige logistikk-løsninger i Norge", TØI rapport 1252/2013, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- /7/ Hovi og Grønland (2012), " Godstransport i korridorer: Egenskaper og virkemidler for overføring av gods", TØI rapport 1195/2011, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- /8/ Hovi, Grønland og Hansen (2011), "Grunnprognoser for godstransport til NTP 2014-2023", TØI rapport 1126/2011, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- /9/ Rambøll (2013), "Missing Link 2013. Godstransporter mellom Norge og Sverige", Rambøll rapport 2013-08-21
- /10/ Thune-Larsen, Veisten, Rødseth og Klæboe (2014), «Marginale eksterne kostnader ved vegtrafikk», TØI-rapport 1307/2014
- /11/ Nasjonal Transportplan 2014-2023
- /12/ Transportetatene (2016, i arbeid), «Forslag til Nasjonal transportplan 2018-2027»
- /13/ Transportetatene (2015), «Utfordringer for framtidens transportsystem», hovedrapport fra analyse- og strategifasen
- /14/ Transportetatene (2015), «NTP Bred samfunnsanalyse av godstransport»
- /15/ Eide m.fl. (2016), «Reduksjon av klimagassutslipp fra norsk innenriks skipsfart», DNV GL, Oslo
- /16/ Tvedte og Vartdal (2014), [ReVolt - the unmanned, zero emission, shortsea vessel for the future](#), DNV GL, Oslo
- /17/ Dale, Orsten og Åstrand (2015), «Plug-in battery hybrid container ship», DNV GL R&D report
- /18/ Borge, Dale, m.fl (2016), «GodsFergen ladbar hybrid containerskip», Grønt Kystfartsprogram, pilotprosjekt 1
- /19/ Sæther (2014), «Potensiale for sjøtransport. Oppsummering etter samtaler med vareeiere og spedisjonsbedrifter», rapport NHO Logistikk og Transport
- /20/ IMO, MARPOL Annex VI, Air pollution, energy efficiency and greenhouse gas emissions, www.imo.org
- /21/ European Union, environmental policies and regulations for heavy-duty vehicles, Euro V and Euro VI standards, <http://europa.eu/>
- /22/ DNV GL (2015), Logistikkmodell 1 for sjø- og biltransport ("GodsFergen-modellen") og Logistikkmodell 2 containertransport på sjø ("Hybrid-modellen")

10 VEDLEGG

10.1 Ruter og distanser

10.1.1 Scenario 1

Distanser transportsystem med lastebil fra havn til havn [km]

Fra/til	Swinoujscie	København	Gøteborg	Oslo	Brevik Grenland
Swinoujscie		383	590	884	913
København	383		315	608	650
Gøteborg	590	315		293	335
Oslo	884	608	293		162
Brevik Grenland	913	650	335	162	

Distanser med skip fra havn til havn [nm]

Fra/til	Swinoujscie	København	Gøteborg	Oslo	Brevik Grenland
Swinoujscie		126	262	420	505
København	126		136	294	379
Gøteborg	262	136		158	243
Oslo	466	340	204		85
Brevik Grenland	381	255	119	85	

10.1.2 Scenario 2

Distanser transportsystem med lastebil fra havn til havn [km]

Fra/til	Oslo	Brevik Grenland	Kristiansand	Risavika	Bergen
Oslo		162	322	553	499
Brevik Grenland	162		161	393	417
Kristiansand	322	161		233	466
Risavika	553	393	233		210
Bergen	499	417	466	210	

Distanser med skip fra havn til havn [nm]

Fra/til	Oslo	Brevik Grenland	Kristiansand	Risavika	Bergen
Oslo		85	175	307	414
Brevik Grenland	85		90	222	329
Kristiansand	175	90		132	239
Risavika	307	222	132		107
Bergen	414	329	239	107	

10.1.3 Scenario 3

Distanser transportsystem med lastebil fra havn til havn [km]

Fra/til	Cuxhaven	Kristiansand	Risavika	Bergen	Florø	Ålesund
Cuxhaven	0	1 063	1 293	1 489	1 617	1 654
Kristiansand	1 063	0	235	469	766	866
Risavika	1 293	235	0	221	503	628
Bergen	1 489	469	221	0	298	423
Florø	1 617	766	503	298	0	144
Ålesund	1 654	866	628	423	144	0

Distanser med skip fra havn til havn [nm]

Fra/til	Cuxhaven	Kristiansand	Risavika	Bergen	Florø	Ålesund
Cuxhaven		293	425	532	668	748
Kristiansand	293		132	239	306	455
Risavika	425	132		107	243	323
Bergen	532	239	107		136	216
Florø	668	306	243	136		80
Ålesund	748	455	323	216	80	

10.2 Utslippsberegninger

Utslipp per tonn drivstoff er beregnet som vist under:

LNG

CO ₂	2750	kg/tonn
NO _x	6	kg/tonn
SO _x	0	kg/tonn

MDO

CO ₂	3206	kg/tonn
NO _x Tier 2	51	kg/tonn
NO _x Tier 3	14	kg/tonn
SO _x ECA	2	kg/tonn

Diesel for veitransport

CO ₂	3161	kg/tonn
NO _x Euroklasse V	2	g/kWh
NO _x Euroklasse VI	0,4	g/kWh
SO _x	0,02	kg/tonn





About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.