STF50 A2476 –Åpen

RAPPORT

Godstransport og transportmidlenes miljømessige egenskaper

Tore Knudsen

www.sintef.no

SINTEF Teknologi og samfunn
Veg- og transportplanlegging

September 2007

SINTEF

SINTEF RAPPORT

SINTEF Teknologi og samfunn
Veg- og transportplanlegging

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: S.P. Andersensv. 5
Telefon: 73 59 47 05
Telefaks: 73 59 46 56

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

TITTEL

Godstransport og transportmidlenes miljømessige egenskaper

FORFATTER(E)

Tore Knudsen

OPPDRAGSGIVER(E)

Norges Lastebileier Forbund

RAPPORTNR.	GRADERING	OPPDRAGSGIVERS REF.	
STF50 A2476	Åpen	Anne Lise Torgersen	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR.	ANTALL SIDER OG BILAG
	978-82-14-04229-0	50371100	29
ELEKTRONISK ARKIVKODE		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.)	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.)
I:/pro/503711 miljøregnskap7sluttrapport-503711-versjon2.doc		Tore Knudsen	Tor Nicolaisen
ARKIVKODE	DATO	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.)	
50371100	2007-09-21	Eirik Skjetne, Forskningssjef	

SAMMENDRAG

I denne rapporten gir man først et overordnet bilde av utviklingen av godstransportmarkedet og markedsutviklingen for de ulike godsførende transportmidler; lastebil, tog og skip. Her ser man at lastebilen er dominerende når det gjelder godsmengder, mens bildet blir mer nyansert når det gjelder transportarbeid (tonnkilometer). Skipstransport er svært aktuell for massegods over lange avstander mens jernbane har den største markedsandelen for stykkgodstransporter over 600 km.

I kapittel 2 gir vi en oversikt over ulike sektorers bidrag til luftforurensningen i Norge med spesielt fokus mot samferdselssektoren og godstransportene.

I kapittel 3 ser vi nærmere på transportmidlenes miljøkarakteristika samt hvordan de har utviklet seg over tid.

I kapittel 4 tester vi ut miljøkalkulatorer som finnes på markedet og som kan brukes til å beregne de miljømessige konsekvenser av godstransporter med ulike transportmidler. De kalkulatorene som ble testet ga svært ulike resultater. Ulikhetene var faktisk så store at de må være basert på ulike forutsetninger uten at det var gjort rede for. I tillegg fungerte ikke alle kalkulatorene på en tilfredsstillende måte på transportsystemet i Norge. Særlig for skipstransportene var det vanskelig å få kalkulatorene til å fungere tilfredsstillende

Avslutningsvis ble miljøkalkulatoren NTM-calc benyttet til å vise effekten av EURO-kravene til lastebilene. De første kravene kom i 1993 (EURO I) og i 2006 kom EURO IV-kravene. Beregningen viser at disse kravene har vært drivkraften bak noe man kan kalle en teknologisk revolusjon hvor utslippene pr kjøretøykilometer er blitt redusert med 70 – 97% for de ulike utslippskomponentene.

Når det gjelder de ulike transportmidlene så er fremdeles elektrisk drevne tog miljøvinneren, men fortsetter utviklingen med internasjonalisering av el-forsyningen, må man regne inn utslipp fra europeisk el-produksjon der 50% av el-produksjonen kommer fra kull, olje og gass. Skip fremstår som svært forurensende og sliter med høy gjennomsnittsalder og liten utskifting av flåten. Lastebilen er nok det transportmidlet som har gjort de største miljømessige fremskritt, en utvikling som det er all grunn til å tro vil fortsette.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Samferdsel	Transport
GRUPPE 2	Utslipp	Emission
EGENVALGTE	Godstransport	Freight transport
	EU-krav	EURO emission limits
	Miljøkalkulatorer	Emission calculators

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Godstransport i Norge 3
1.1 Innenlands godstransport utenom kontinentalsokkelen i perioden 1970 - 2005 3
1.2 Godstransportene med de ulike transportmidlene 4
1.3 Godstransporter i forbindelse med import og eksport 6
1.4 Utviklingstrender 7
1.5 Konkurranseforholdet mellom transportmidlene 7

2 Forurensende utslipp til luft i Norge 9
2.1 Overordnet bilde av utslipp til luft fra ulike sektorer med fokus på samferdselssektoren 9
2.2 Utslipp fra de enkelte transportmidlene 9

3 Utslipp fra godsførende transportmidler 11
3.1 Lastebiltransport 11
3.2 Togtransport 13
3.3 Sjøtransport 14

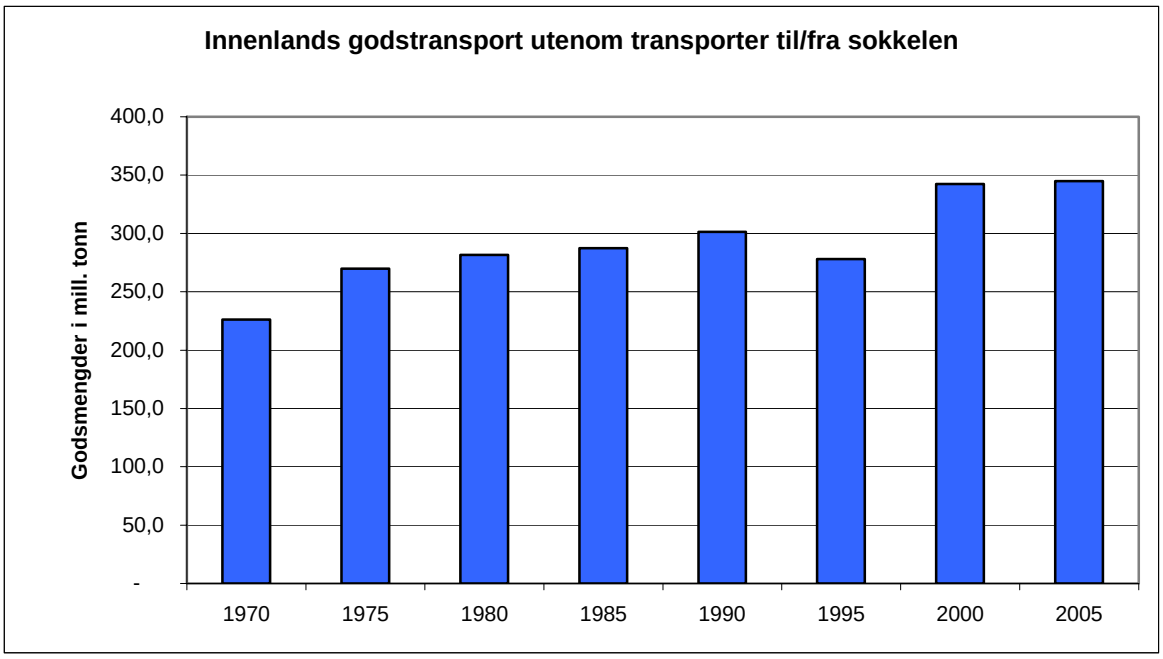
4 Miljøkalkulatorer som verktøy for å analysere transportmidlenes miljøegenskaper ... 17
4.1 Miljøkalkulatorer 17
4.2 Uttesting av kalkulatorene 23
4.2.1 Testopplegg 23
4.2.2 Erfaringer og resultater 23
4.3 Test av kalkulatorene på transport av 30 tonn på relasjonen Moss – Ranheim 25
4.3.1 Beregninger for lastebiltransport 25
4.3.2 Beregninger for togtransport 26
4.3.3 Beregninger for skipstransport 26
4.4 Sammenligning av transportmidlene ved transport av 30 t fra Sulitjelma til Orkanger 27
4.5 Miljøkalkulatorenes struktur 29
4.6 Avsluttende vurdering av miljøkalkulatorene 29
4.7 Trender inn i fremtiden 30

5 Referanser og støttelitteratur 31

1 Godstransport i Norge

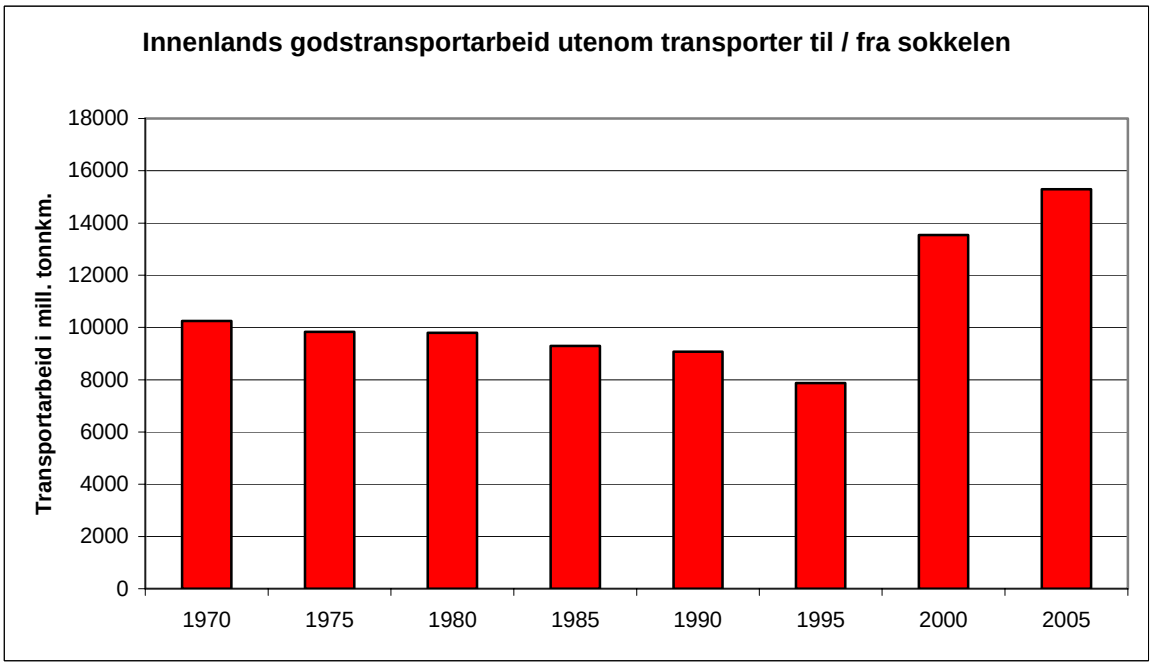
1.1 Innenlands godstransport utenom kontinentalsokkelen i perioden 1970 - 2005

De innenlandske godstransportene i Norge utenom godstransporter til / fra sokkelen har vist en relativt stabil utvikling gjennom de siste 30 – 35 årene med en gjennomsnittlig årlig vekst på 1,2 %.



Figur 1: Utviklingen av transporterte godsmengder i Norge utenom transport til / fra sokkelen

Ser vi på det årlige transportarbeidet får vi følgende bilde av utviklingen:

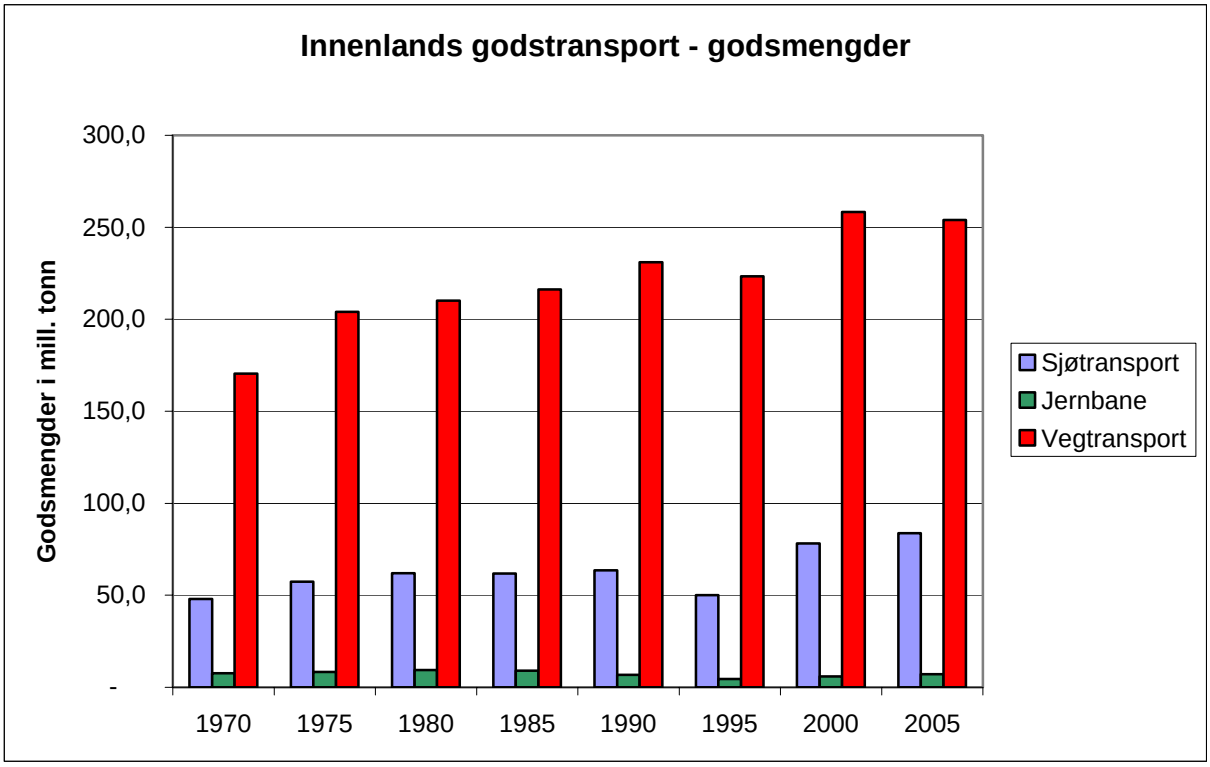


Figur 2: Utviklingen av godstransportarbeidet i Norge i perioden 1985 – 2005

Godstransportarbeidet innenlands var ganske stabilt frem til 1990 – 1995, men har i løpet av de siste 10 – 15 årene hatt en betydelig vekst. Det skyldes både økte godsmengder og økte transportavstander. I tiårsperioden 1995 – 2005 var den årlige vekst i transportarbeidet innenlands på hele 6,9 %.

1.2 Godstransportene med de ulike transportmidlene

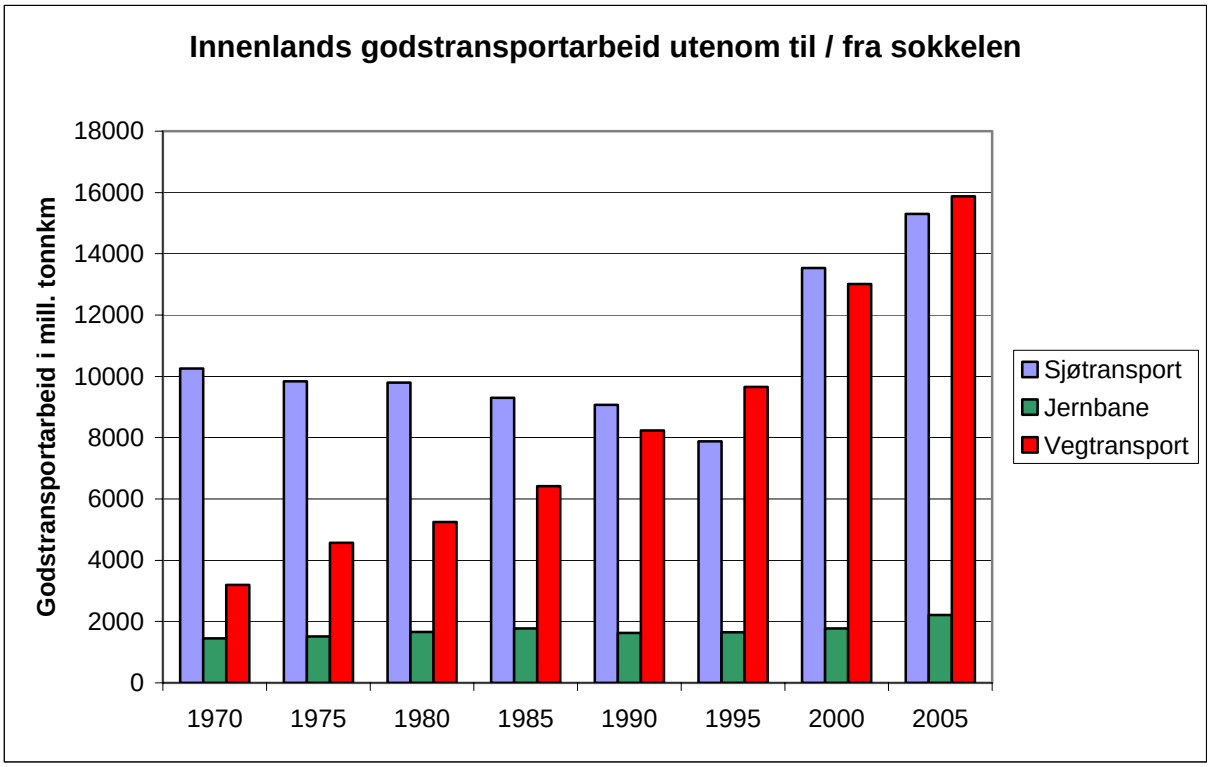
I figur 3 viser vi hvordan de godsmengdene som ble presentert i figur 1 fordeler seg på de ulike transportmidlene:



Figur 3: Transportmengder med de ulike transportmidler i innenlandsk godstransport samt import og eksport i perioden 1985 - 2005

Figuren viser at bilen er et dominerende transportmiddel i godstransportsammenheng med hensyn til transporterte godsmengder. Det skyldes i hovedsak at bilen er så godt som enerådende når det gjelder henting og distribusjon av gods og i tillegg har en betydelig andel av transportene over lengre avstander. Figuren viser for øvrig at jernbanen spiller en ganske beskjeden rolle med hensyn til transporterte godsmengder.

Lager vi en tilsvarende figur for godstransportarbeidet med de ulike transportmidler får vi følgende bilde av utviklingen:

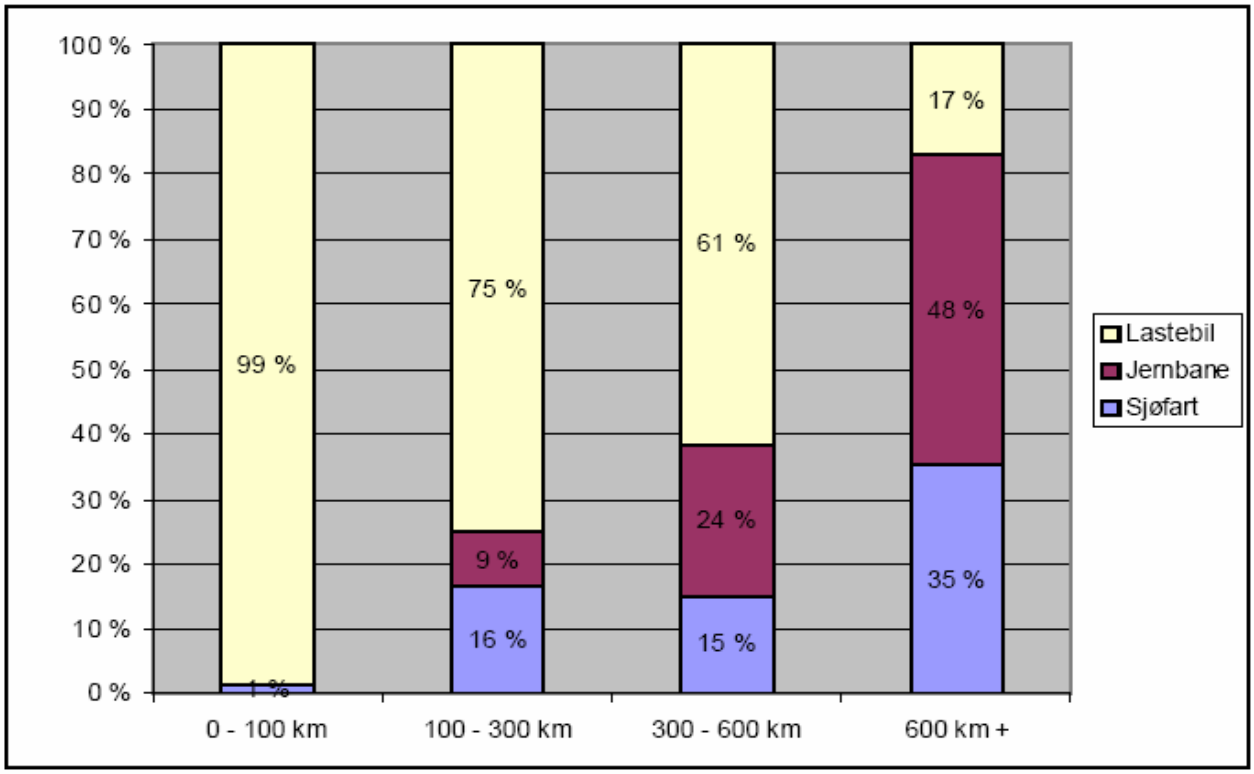


Figur 4: Transportarbeid med de ulike transportmidler i innenlands godstransport samt import og eksport i perioden 1985 – 2005

I denne figuren ser man hvor viktig sjøtransporten er for de store og lange godstransportene samtidig som vi også ser bilens kraftige vekst gjennom hele perioden. Hadde vi tatt med transportene til / fra sokkelen ville imidlertid sjøtransporten fremdeles fremstått som det transportmidlet som utfører det største transportarbeidet.

Jernbanens andel av godstransportarbeidet er vesentlig større enn dens andel av godsmengdene. Det skyldes at jernbanens styrke er de lange transportene over 300 km. Dette illustreres enda tydeligere i figur 5 som viser transportmidlenes andeler av utført transportarbeid etter transportavstand.

I denne figuren ser vi at jernbanen har den største markedsandelen for transport av stykkgods over 600 km. Siden denne figuren er basert på data fra 2003 og Cargo Net har hatt en betydelig vekst de siste årene er det grunn til å tro at markedsandelene har økt for begge de to lengste avstandsgruppene.

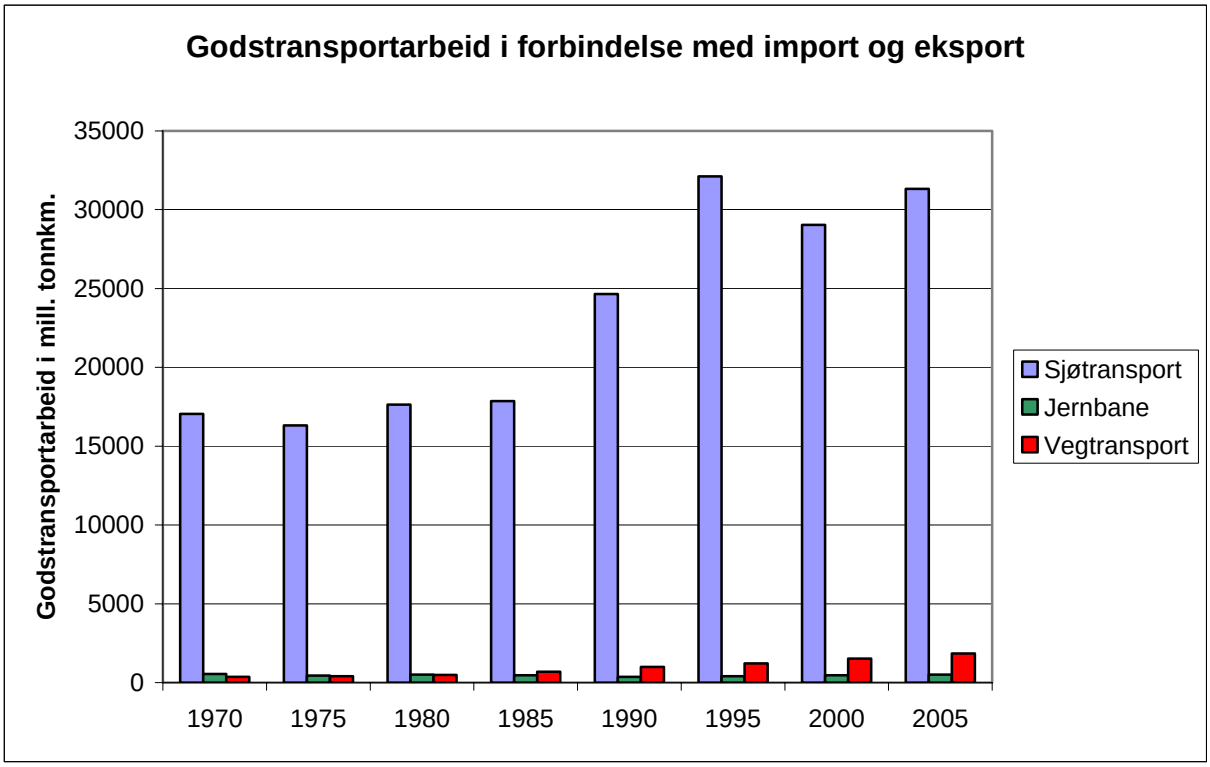


TØI-rapport 756/2004

Figur 5: Transportmidlenes andeler av utført transportarbeid etter transportavstand for stykkgods

1.3 Godstransporter i forbindelse med import og eksport

Figur 6 viser godstransportarbeidet knyttet til import og eksport for fastlands-Norge.



Figur 6: Godstransport i forbindelse med import og eksport til Fastlands-Norge

Figuren viser tydelig sjøtransportens dominerende rolle som transportmiddel for import og eksport. Ca 93 % av godstransportarbeidet knyttet til import og eksport i 2005 ble utført av skip.

Det er også ganske bemerkelsesverdig at jernbanen som nasjonalt har sin styrke i de lange transportene ikke gjør seg særlig gjeldende på den internasjonale arena. Årsakene til dette er mange, men vi kan nevne forhold som:

- Ulike tekniske løsninger (fremføring og sikkerhet) i de enkelte land (lavt standardiseringsnivå)
- Problematisk organisatorisk samarbeid (fagforeninger, bemanningsregler, ansvarsregler etc)
- Problematisk med garantert fremføringstid på sporet
- Mangelfulle investeringsmidler for å løse denne type problemer
- Problematisk med grensepasseringer (papirarbeid, formaliteter, vilje til å finne løsninger)

Dette er imidlertid problemer som har vært kjent i en årrekke og som man ikke har klart å løse. Jernbanenettet fremstår derfor i stor grad som nasjonale transportsystemer og i liten grad som et operativt internasjonalt nettverk for godstransport.

1.4 Utviklingstrender

Innenlandske godsmengder , og da i hovedsak stykkgods, ser ut til å fortsette veksten som vi har observert i de siste 30 år og som er blitt noe sterkere de siste 10 – 15 årene. Veksten i transportarbeid forsterkes ytterligere ved at transportavstandene også øker. Hoveddrivkreftene bak denne utviklingen er:

- Økonomisk vekst
- Kjededannelser innen en rekke næringer
- Utviklingen innen logistikk (lagerhold, sentralisering av ulike funksjoner, effektivisering av transportopplegg)

I Norge preges fremdeles godstransportmønsteret av en skjev retningsfordeling. Stykkgodset har hovedretning fra Østlandet og til distriktene samt fra syd mot nord. Unntaket er transport av fisk fra Nord-Norge og Vestlandet til nasjonalt forbruk og eksport. Denne skjevheten fører vesentlige tomtransporter av containere og andre produktspesielle lastbærere.

Utviklingen preges også av at transportene blir stadig mer effektive med større kapasitetsutnyttelse og lavere tomkjøringsandel. Som et resultat av denne utviklingen samt en stadig forbedring av infrastrukturen får man lavere transportkostnader og et mer effektivt næringsliv.

1.5 Konkurranseforholdet mellom transportmidlene

Den tradisjonelt viktigste konkurransefaktoren innenfor transport er pris. Pris er fremdeles svært viktig, men i den senere tid har også andre faktorer fått økt betydning.

Tid i form transporttid vil være viktig for mange produkter som forringes over tid, for eksempel fersk fisk. Her teller både transporttid og pålitelighet med hensyn til å klare transporten innenfor den planlagte transporttiden. Her har bilen vist stor leveringsdyktighet sammenlignet med andre transportmidler (f eks tog) særlig når det gjelder internasjonale transporter.

Moderne industri stiller ofte store krav til leveranser av råvarer og andre innsatsfaktorer i deres produksjon og ”just in time” har blitt et velkjent begrep. Da forventes ofte leveransene innenfor relativt smale ”tidsvinduer” noe som stiller store krav til transportørene.

Ofte møter man også spesielle krav til transportkvalitet, for eksempel knyttet til temperatur for ferske varer, noe som krever kjølevogner og frysevogner med tilhørende kontrollsystemer.

En annen utviklingstrend er at i mange tilfeller blir transportøren en del av vare-eierens service-apparat (tredjepartslogistikk). Transporterer man for eksempel elektriske artikler til sluttbruker blir transportøren ofte den som installerer varen hos kunden og tar med emballasje og kundens kasserte produkt i retur. Transportøren blir en del av leveranseapparatet til vare-eieren.

Slike forhold som her er nevnt bidrar ofte til å redusere konkurranseflaten mellom transportmidlene da ikke alle transportmidler kan tilfredsstille de krav som stilles.

Også andre forhold kan bidra til å redusere konkurransen mellom transportmidlene. Det er forhold som:

- Tilgjengeligheten til de ulike transportmidler er ulik, - godsterminal for tog kan ligge langt unna og godset må allikevel på bil først
- Enkelte vareslag har spesielle krav som ikke alle transportmidler kan imøtekomme
- Næringslivet har planlagt og utformet sin infrastruktur (lokalisering samt utforming av bygninger, varemottak, etc) samt sin logistikk (lager og transportopplegg) med tanke på bruk av ett transportmiddel
- I mange tilfeller er det speditører / samlastere som håndterer godset og velger endelig transportmåte. De har sine mer eller mindre faste opplegg.
- Det kan ofte være tungt å endre et valgt logistikksystem og det gjøres ikke ofte.

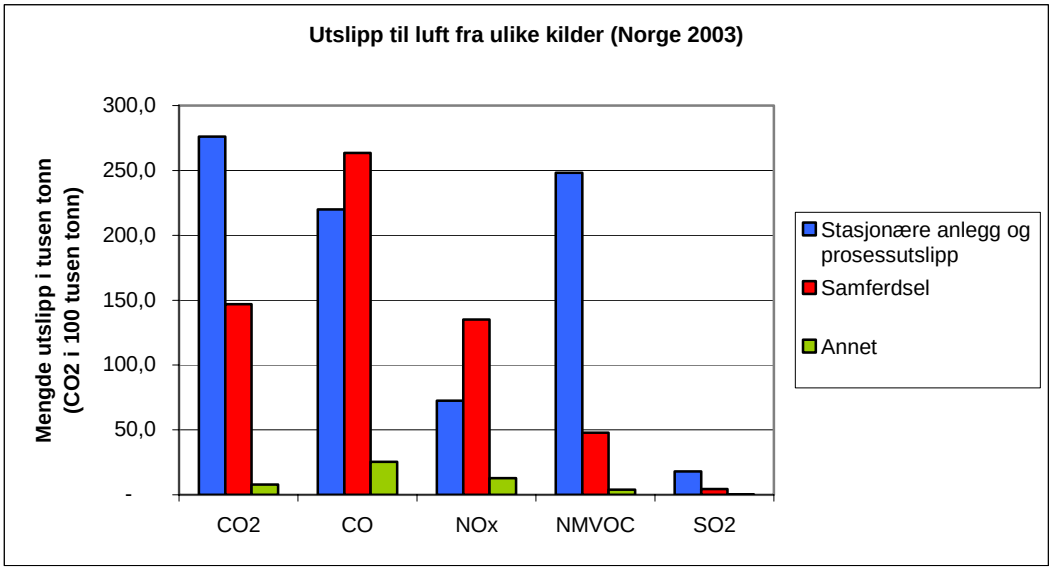
I tillegg til de momentene vi allerede har nevnt har det i løpet av de siste par årene vært en bevisstgjøring hos en rekke vare-eiere i retning av å velge mer miljøvennlige godstransportformer. Dette kan kanskje ha vært en medvirkende årsak til at Cargo Net de siste årene har hatt betydelig vekst i både transporterte godsmengder og tilhørende transportarbeid og flere av de store samlasterne har varslet økt bruk av jernbane i sine transportopplegg. Tollpost Globe som en av de største samlasterne har uttalt at de kan øke sin bruk av jernbane med 20 % nesten umiddelbart og de har nå et meget bevisst forhold til miljøproblematikken knyttet til godstransportene. Dette kan ses på som et eksempel på at transportmidlenes miljøegenskaper kan bli et konkurransefortrinn når vare-eiere og samlastere skal velge transportmiddel for sine godstransporter.

Jernbanen sliter imidlertid med for liten kapasitet på jernbanenettet (terminalkapasitet – særlig Alnabru, for korte krysningsspor, sporkapasitet nær de store byene, særlig Oslo) noe som begrenser muligheten for videre betydelig vekst. Regjeringen har imidlertid signalisert satsing på jernbane så på noe lengre sikt bør det være håp om forbedret kapasitetssituasjon for godstransportene på jernbane.

2 Forurensende utslipp til luft i Norge

2.1 Overordnet bilde av utslipp til luft fra ulike sektorer med fokus på samferdselssektoren

Figur 7 gir et overordnet bilde av forurensende utslipp til luft i Norge.

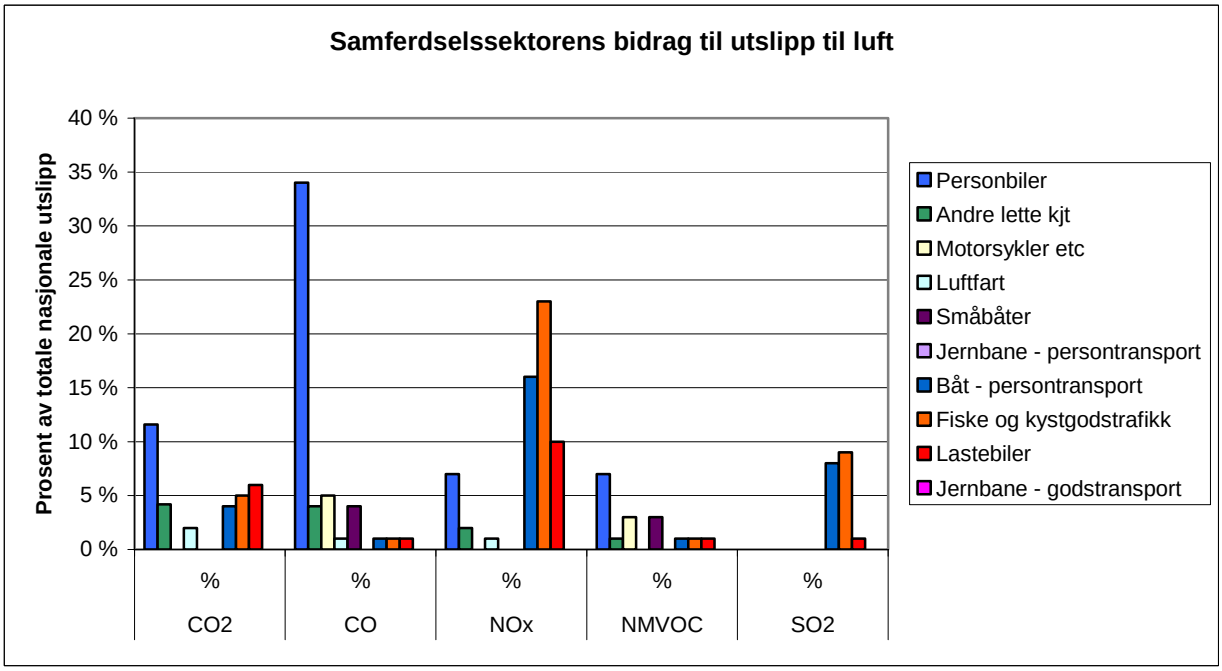


Figur 7: Utslipp til luft fra ulike kilder i Norge 2003

Figuren viser at samferdselssektoren er en relativt stor bidragsyter til utslippene og faktisk største bidragsyter når det gjelder CO- og NO_x-utslipp. Sektoren er også en stor bidragsyter når det gjelder CO_2-utslippene med ca 34 % av de nasjonale utslippene.

2.2 Utslipp fra de enkelte transportmidlene

Ser vi nærmere på samferdselssektoren får vi følgende bilde av utslippene:



Figur 8: Samferdselssektorens bidrag til utslipp til luft

På figuren er godsførende transportmidler gitt variasjoner av rød farge og finnes til høyre under hver utslippskategori. De mest dominerende utslippsbidragene fra godsførende transportmidler finner vi for NO_x-utslipp fra fiske og kystgodstransportene (ca 23 % av de nasjonale utslipp) og fra lastebiltransportene med ca 10 % av de nasjonale utslipp. Fiske og kystgodstransportene bidrar også mest når det gjelder SO_2 utslipp med ca 9 % av de nasjonale utslipp. Når det gjelder CO_2 utslipp bidrar lastebiltransportene og fiskeri og kystgodstransportene med ca 5 % av de nasjonale utslipp hver. Det er disse to transportformene som også står for den største delen av godstransportarbeidet i Norge (jfr figur 1 og 2 i kapitel 1).

For å kvantifisere utslipp til luft for godsførende transportmidler har man funnet det hensiktsmessig å uttrykke utslippene i vekt av utslipp pr tonnkilometer. Drivstofforbruk og utslipp av CO2 angis som oftest i g/tonnkm, mens de øvrige utslippene angis i mg/tonnkm. Det er disse enhetsverdiene for utslipp som danner grunnlaget for de mange miljøkalkulatorer som finnes på markedet og som vi skal se nærmere på i kapittel 4.

Tabell 1 (nedenfor) er et utdrag av en tabell i TØI-notat1078 /1997 ”Energieffektivitet og utslipp i transport” hvor vi har fokusert på de mest vanlige utslippskomponentene fra godstransportene.

	Drivstoff-forbruk	Utslippsfaktorer				
		CO_2	NO_x	CO	NMVOC	PM
	g/tonnkm	g/tkm	mg/tkm	mg/tkm	mg/tkm	mg/tkm
Tog						
- Diesel	21,9	69,3	872	234	101	100
- El fra gasskraft	52,3 Wh	21	10			
Lastebil (diesel)						
- Tot.vekt 3,5 – 10t	72,9	231	2580	1440	390	189
- 10 – 20t	66,2	210	2200	990	300	169
- >20t	18,8	59,5	640	250	80	45
Båt						
- 100 – 500 bt	35,7	113	2321	107	80	18
- 500 – 3000 bt	28,7	91	2153	57	65	26
- > 3000 bt	4,4	14	352	6,6	10	4

Tabell 1: Drivstofforbruk og utslippsfaktorer for noen godstransportmidler (Data hentet fra TØI-notat 1078 / 1997: ”Energieffektivitet og utslipp i transport”)

Det er viktig å merke seg at denne tabellen er basert på transportmidlenes tekniske standard og utnyttelsesgrad omkring 1993. Det har skjedd betydelige endringer siden den gang og utviklingen har vært forskjellig for de ulike transportmidlene.

3 Utslipp fra godsførende transportmidler

3.1 Lastebiltransport

Lastebiltransporten har lenge vært betraktet som en av verstingene når det gjelder utslipp av avgasser til luft og tabell 1 bekrefter i hovedsak det inntrykket. Imidlertid ser vi at de største lastebilene ligger ubetydelig bedre enn dieseltog for de fleste utslippskomponentene.

Lastebiltransporten er imidlertid den transportform som har opplevd den sterkeste teknologiske utviklingen. Drivkraften bak denne utviklingen har utvilsomt vært EU som i begynnelsen av 1990-årene begynte satsingen på å gjørelastebiltransporten mer miljøvennlige ved å utstede direktiver (EURO I – IV) for godkjennelse av nye kjøretøy (både person- og laste-biler). Etter innledende protester fra bilindustrien valgte allikevel EU-kommisjonen å vedta direktivene og kravene har gradvis blitt skjerpet i løpet av de siste 15 år. For godsførende kjøretøy har vi hatt følgende utvikling:

Pre EURO	EURO I	EURO II	EURO III	EURO IV	EURO V
Før 1993	Fra 1993	Fra 1996	Fra 2001	Fra 2006	Fra 2008/9

Tabell 2: Innføringstidspunkt for EURO-direktiv for utslipp fra lastebiler

Hovedelementet i EU's transportpolitikk har i en årrekke vært å fremme økt bruk av intermodale transportmidler, primært tog og skip. (EU White Papers 1992 og 2001) Nå kan man imidlertid observere en viss endring i formuleringene. Nå heter det: - - - *each mode must be optimized. All modes must become more environmentally friendly, safe and energy efficient. Finally, co-modality, i. e. the efficient use of different modes on their own and in combination, will result in an optimal and sustainable utilization of resources. This approach offers the best guarantees to achieve at the same time a high level of both mobility and environmental protection.*

Fritt oversatt kan man si at:

- Hvert enkelt transportmiddel må gjøres mest mulig miljøvennlig, sikkert og energi-effektivt
- Transportmidlene må kunne benyttes hver for seg eller i samarbeid. Dette vil gi optimale og bærekraftige løsninger
- Dette er også den beste garanti for at man samtidig oppnår både høy grad av mobilitet og beskyttelse av miljøet

Fra EU's side innførte man så stadig strengere krav til kjøretøyene gjennom EURO-direktivene for å oppnå en slik utvikling. I tabell 3 er vist EU's utslippskrav til lastebiler formulert i enheten g/kwh, det vil si at kravet relateres til kjøretøyets motorstyrke.

Direktiv	Gjelder kjøretøy registrert i Norge etter	Utslippskrav i g/kwh				
		NO_x	PM	HC	CO	CO_2
Pre-EURO	Før 1993	17	0,65	1,5	5,6	Ingen
EURO I	1.10. 1993	8	0,36	1,1	4,5	Ingen
EURO II	1.10 1996	7	0,15	1,1	4	Ingen
EURO III	1.10. 2001	5	0,10	0,66	2,1	Ingen
EURO IV	1.10. 2006	3,5	0,02	0,46	1,5	Ingen
EURO V	*1.10.2009*	*2*	*0,02*	*0,46*	*1,5*	*?*
Endring fra Pre-EURO		Ned 88 %	Ned 97 %	Ned 70 %	Ned 73 %	

Tabell 3: Utviklingen av EURO-kravene til lastebiler

Tabellen viser godt den teknologiske revolusjonen som lastebilen har gjennomlevd fra 1993 og frem til i dag samt de planlagte kravene for EURO V som gjøres gjeldende i Norge fra 1.10.2009. Når dette er gjennomført vil utslippene fra lastebiltransporten ha blitt redusert med 70 – 97% i forhold til Pre-EURO.

Foreløpig har det ikke vært stilt eksplisitte krav til CO_2-utslipp. Disse utslippene følger jo direkte endringene i drivstofforbruket. Det er imidlertid vist at nedgangen i drivstofforbruket til lastebiler har vært i størrelsesorden 15 – 20 % sammenlignet med Pre-EURO. Det innebærer en tilsvarende reduksjon i CO_2-utslipp pr tonnkm. Det har også vært spekulert i om EU også vil komme med krav til CO_2-utslippene. Siden kravene i EURO V for lengst er gjort kjent er det tvilsomt om CO_2-krav blir tatt inn i EURO V, men det kan komme i senere revisjoner.

Det er nå fristende å gjøre et eksperiment ved å anta at de utslippsreduksjoner som er vist i tabell 3 samt drivstoffforbruksreduksjonen på 15 % som er nevnt ovenfor også gjør seg direkte gjeldende på de utslippsfaktorer som var vist i tabell 1. Da ville bildet ha sett slik ut:

	Drivstoff-forbruk	Utslippsfaktorer				
		CO_2	NO_x	CO	NMVOC	PM
	g/tonnkm	g/tkm	mg/tkm	mg/tkm	mg/tkm	mg/tkm
Tog						
- Diesel	21,9	69,3	872	234	101	100
- El fra gasskraft	52,3 Wh	21	10			
Lastebil (diesel)						
- Tot.vekt 3,5 – 10t	***62,0***	***196***	***310***	***389***	***47***	***6***
- 10 – 20t	***56,3***	***178***	***264***	***267***	***36***	***5***
- >20t	***16,0***	***50,6***	***76,8***	***67,5***	***10***	***1,4***
Båt						
- 100 – 500 bt	35,7	113	2321	107	80	18
- 500 – 3000 bt	28,7	91	2153	57	65	26
- > 3000 bt	4,4	14	352	6,6	10	4

Tabell 4: Utslippsfaktorer for godstransportmidler hvor lastebilenes utslippsfaktorer er redusert i henhold til utviklingen av EURO-kravene.

Her skal tilføyes at dette bildet ikke gir et realistisk bilde av virkeligheten nå, men tabellen beskriver en fremtidig virkelighet når EURO-kravene har fått virke en tid. Tabellen understreker

ytterligere hvilken teknologisk revolusjon lastebilen har gjennomgått og den fremstår ikke lenger som en miljøversting. I tillegg vet vi at denne utviklingen ikke er over. Den vil fortsette.

3.2 Togtransport

Toget har i godstransportsammenheng lenge vært sett på som det miljøvennlige transportmiddelet. Vannkraftbasert elektrisk drift har vært ensbetydende med null utslipp. Her må tilføyes at det finnes jernbanestrekninger i Norge som ikke er elektrifisert. De viktigste av disse er Nordlandsbanen (Trondheim – Bodø) og Østerdalen (Støren – Røros - Hamar)

Størstedelen av dagens godstransport på jernbane besørges av Cargo Net. De kjører godsruter med tog i form av kombinerte transporter basert på frakt av containere, vekselflak og semitrailere. Figur 9 viser omfanget av nettet og lokaliseringen av de 12 terminalene som betjenes av disse togene.

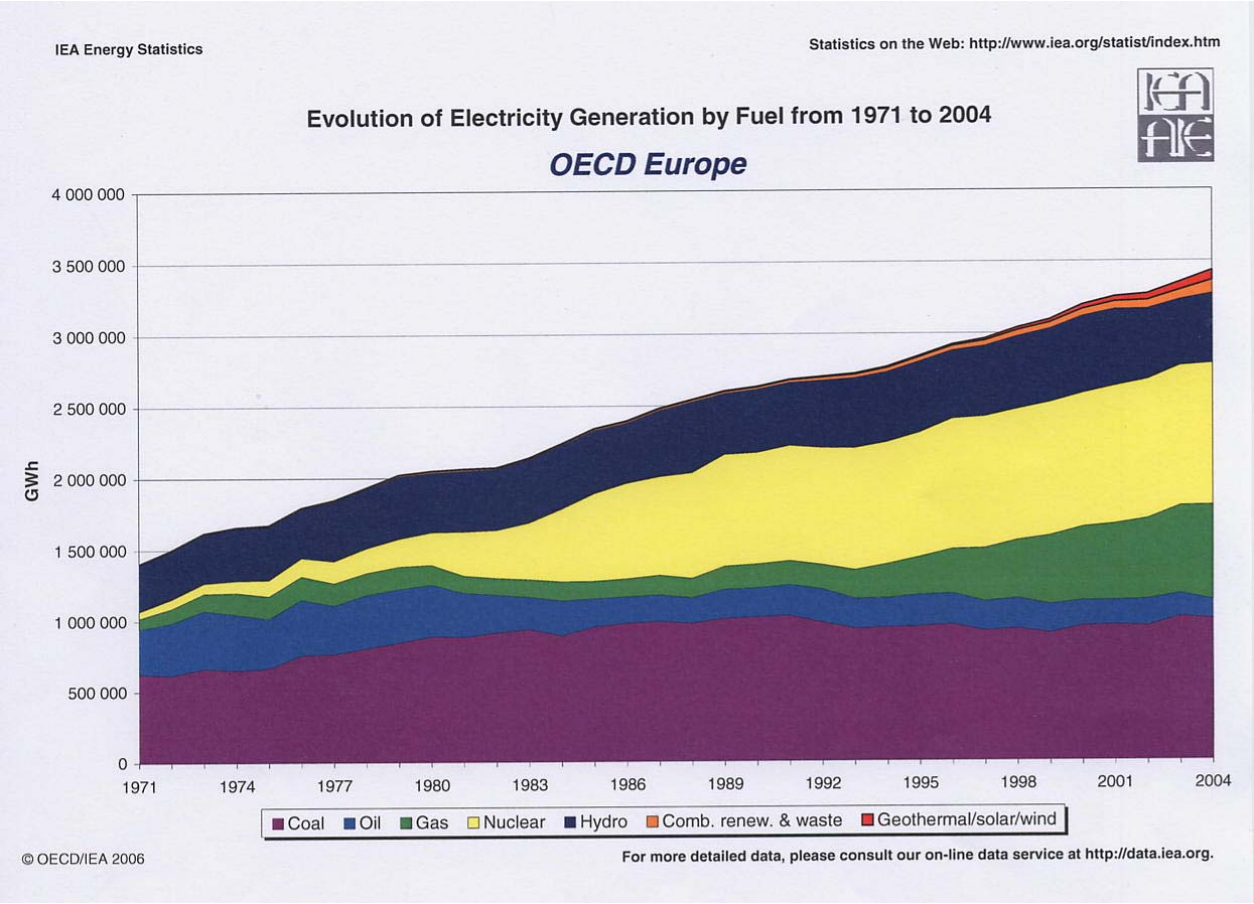
Figur 9: Jernbanenettet med de 12 godsterminalene

Kartet i figur 9 viser tydelig at jernbanenettet dekker godt de største byområdene, mens flatedekningen for øvrig er vesentlig dårligere. Forbindelsen til Narvik, Arctic Rail Express (ARE), er ikke vist på kartet, men går på det svenske jernbanenettet.

De innenlandske godstransportene har vist god vekst de siste fem årene. Kombinasjonen av et godt transportopplegg til akseptabel pris og en gunstig miljøprofil har gitt vekst, men det kan synes som om kapasitetsproblemene nå virker begrensende på utviklingen.

CargoNet har nå relativt høye markedsandeler på de største relasjonene, over 50% på Oslo – Bergen og Oslo – Trondheim. Det er fremdeles rom for vekst, men den relativt dårlige flatedekningen med kun 12 terminaler i hele Norge, kan virke begrensende på veksten over tid.

Jernbanen har lenge markedsført seg som det miljøvennlige transportmiddelet basert på vannkraftbasert elektrisitet som energikilde. Elektrisitetsforsyningen i Norge har de siste årene blitt stadig mer en del av det europeiske elektrisitetsnettet. I perioder med høyt forbruk i Norge kjøper vi europeisk el-kraft. Vi vet da at ca 50 % av europeisk el-kraft produseres ved kull-, olje- eller gass-fyrte el-kraftanlegg uten CO_2-rensing (se figur 10).



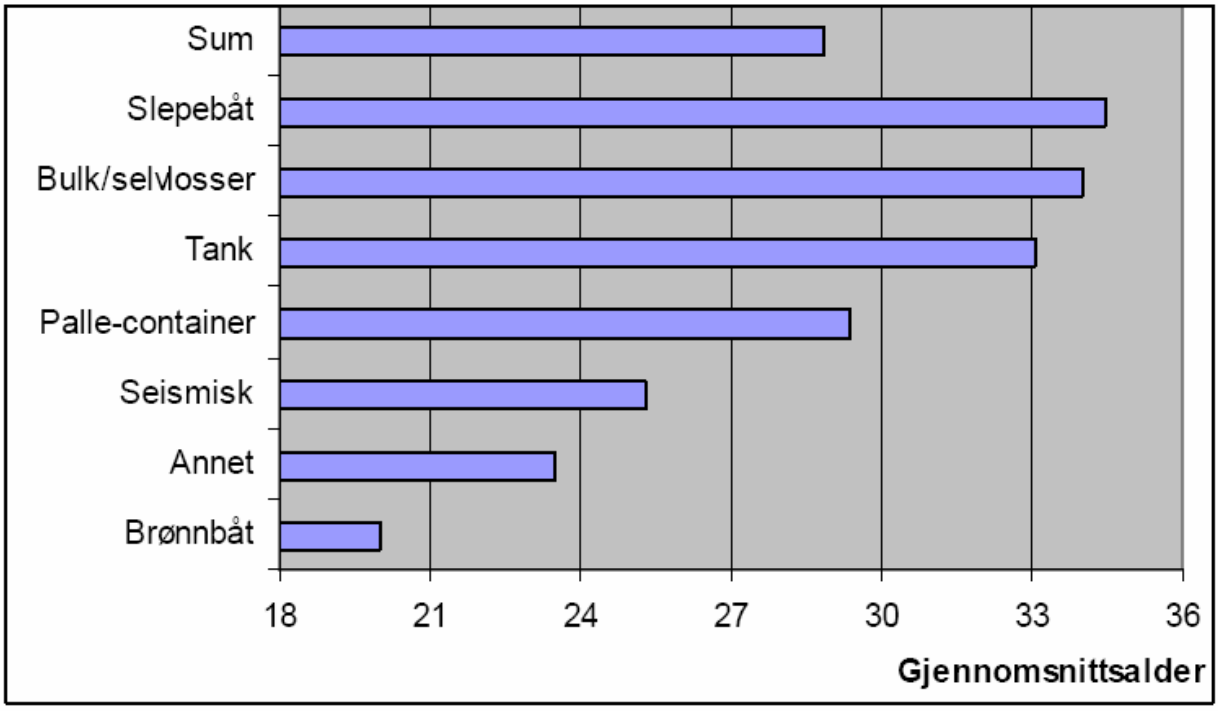
Figur 10: Utviklingen av europeisk elektrisitetsproduksjon

Jernbanen vil nok fremdeles kunne påberope seg en miljøprofil, men den blir kanskje ikke like tydelig som den har vært hittil. I tillegg vil nok Norge oppleve nye debatter om fremtidens nasjonale el-produksjon. Er vi rede til å bygge ut flere fossefall, blir det gass-kraftverk eller andre energikilder ? Vi må også huske at nord for Trondheim skjer godstransporten med diesel-lokomotiv og i henhold til tabell 4 har disse nå større utslipp pr tonnkm enn store moderne lastebiler som tilfredsstiller Euro IV kravene. Imidlertid vil nok jernbane med dagens el-produksjon fremdeles være det mest miljøvennlige godstransportmiddelet totalt sett.

3.3 Sjøtransport

I henhold til tabell 4,5 og 6 er sjøtransporten en av de viktigste godstransportmidlene, særlig på lange avstander og for import og eksport. Tabell 1 viser drivstofforbruk og utslipp pr tonnkm og forteller at de større båtene (> 3000 bt) også er drivstoffeffektive med moderate utslipp pr tonnkm.

De mindre båtene som særlig omfatter store deler av frakteskutene er vesentlig mindre drivstoffeffektive og har høyere utslipp pr tonnkm.



Kilde: Fraktefartøyenes rederiforening, 2004.

Figur 11: Gjennomsnittsalder på kystflåten som driver godstransport langs norskekysten

Vi ser av figur 11 at flåtens gjennomsnittsalder er meget høy og vesentlig høyere enn de andre godstransportmidlene. Det betyr at det teknologiske nivået på maskineri er lavere og mindre miljøvennlig enn for nye moderne frakteskip. Nå fanger nok ikke slik statistikk opp eventuelle skifter / ombygging av maskin, men er nok allikevel en ganske sterk indikasjon på det teknologiske nivået på kystflåten. Det er i stor grad gammel teknologi som er i bruk.

Det er en reell frykt for at utslipp fra skip på verdensbasis vil overstige landbaserte utslipp innen år 2020 dersom det ikke skjer et teknologisk løft innen skipsfarten. I et konferansebidrag til CIMAC Congress i Wien 2007 drøfter forskningssjef Per Magne Einang, MARINTEK primært alternative drivstoff, men han mener også at et teknologisk løft bør kunne inneholde forbedringer innen propulsjon, skrogutforming, fremdriftsmaskineri og drivstoff samt mer effektiv utnyttelse av skipene gjennom bedre planlegging og drifting. Gjennom slike forbedringer vil man kunne redusere energiforbruket og dermed CO_2-utslippene med ca 50% og utslipp av skadelig forurensing (NOx, SOx, Partikler etc) med enda mer.

Dette innebærer at man har kunnskap som kan innebære vesentlig lavere utslipp, men kystflåtens høye gjennomsnittsalder og lave utskiftingstakt gjør dette til et ganske langsiktig prosjekt.

Det man har kommet lengst med er sannsynligvis forsøk med alternative og mer miljøvennlige drivstoff. Gassdrevene ferjer er innført på flere strekninger og denne teknologien vil også kunne anvendes på kystgodsbåtene. En slik teknologisk omlegging vil kunne redusere utslippene betydelig. IMO (FNs internasjonale maritime organisasjon) drøfter nå dramatiske endringer i utslippskravene til skipsfarten samt forbud mot det mest miljøfiendtlige drivstoffet. Det kan bli dramatisk for en hardt presset næring og vil nok kreve betydelige overgangsordninger.

4 Miljøkalkulatorer som verktøy for å analysere transportmidlenes miljøegenskaper

4.1 Miljøkalkulatorer

Miljøkalkulatorer er regneverktøy som ut fra data om en gitt transport tar sikte på å beregne de miljømessige konsekvenser av transporten i form av drivstofforbruk og utslipp av CO_2 og diverse skadelige avgasser fra transporten. Slike miljøkalkulatorer finnes både i transportselskaper, transportmiddelprodusenter, miljøorganisasjoner, forskningsinstitusjoner og andre virksomheter.

I forbindelse med dette prosjektet hvor vi forsøkte å kartlegge transportmidlenes miljømessige karakteristika testet vi også ut noen miljøkalkulatorer med tanke på å bruke en eller flere av dem til våre beregninger. Her skal understrekes at vi kun var interessert i kalkulatorer som behandlet godstransporter.

Etter søk på internett og en første overordnet vurdering festet vi oss med følgende miljøkalkulatorer:

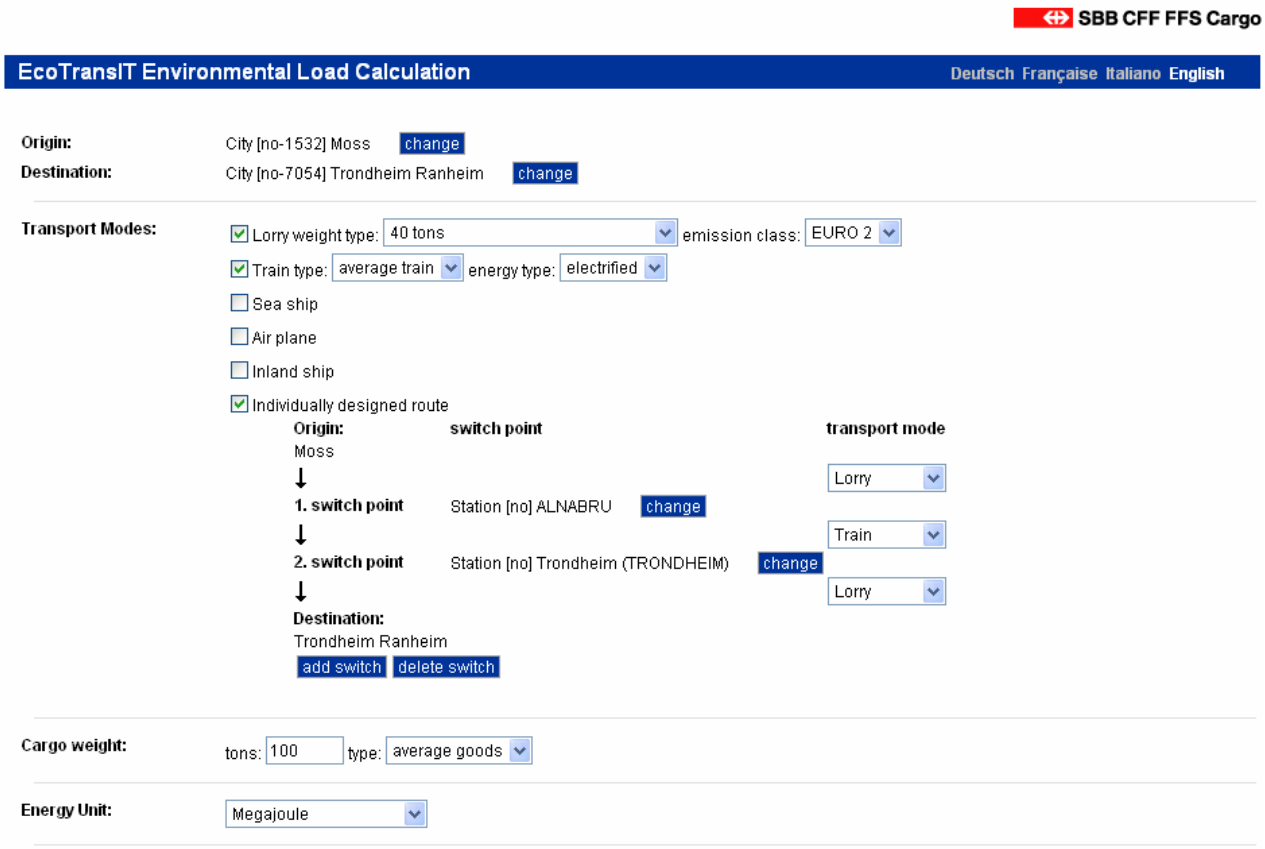
ECO-TransIT: Dette er en miljøkalkulator hvor følgende bedrifter og organisasjoner står bak:

- DB Cargo (Tyskland)
- Green Cargo AB (Sverige)
- Schweizerische Bundesbahnen (SBB) (Sveits)
- Société Nationale des Chemins de Fer France (SNCF) (Frankrike)
- TrenitaliaS.p.A (Italia)

Som man ser er det en gruppe av jernbanerelaterte organisasjoner / bedrifter som står bak. Miljøkalkulatoren har en innebygget ruteplanlegger slik at man spesifiserer ”fra-sted” og ”til-sted” innenfor visse rammer og kalkulatoren skal beregne avstander og byttepunkter. Kalkulatoren er multimodal i det den behandler både lastebil, tog og skip. Den kan for eksempel beregne miljøkonsekvensene av tilbringertransport til terminal med lastebil, bytte til tog og distribusjon med lastebil til endelig bestemmelsessted. Kalkulatoren har også den mulighet at brukeren selv spesifiserer tilbringertransport, byttepunkt (terminal), hovedtransport til nytt byttepunkt (terminal) og distribusjon. Dette kalles ”individually designed route”.

For lastebiltransport kan kalkulatoren skille mellom EURO I, II, II og IV klassifisering av kjøretøyene. For togtransport kan man velge mellom dieseldrift og elektrisk drift samt hvordan elektrisiteten blir produsert. For skipstransport kan man velge mellom tre ulike skipsstørrelser.

Kalkulatoren har en rekke ”standard”-verdier innebygd, men som det går an å endre manuelt.

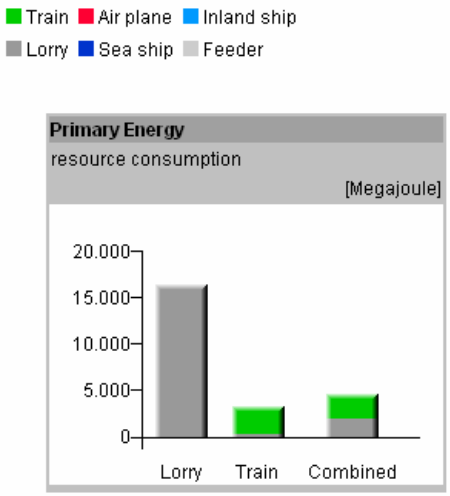


Figur 12: Eksempel på innlegging av inngangsdata i Eco-TransIT

Resultatene presenteres grafisk og/eller som tabeller. Det er egne tabeller for:

- Avstand
- Drivstoff-/energi-forbruk
- Utslipp av:
  - CO_2 (kulldioksid)
  - NO_x (nitrogenoksider)
  - Ikke-metanholdige hydrokarboner
  - Støv (inkl. partikler)
  - Partikler
  - Svoveldioksid

Disse tabellene angir verdier for hvert hovedalternativ og for hvert transportmiddel som inngår i alternativene. Eksempel på figur og tabell er vist i figur 13:



Carbon Dioxide

greenhouse-gas, global warming

[tons]

transport mode / assessed	Lorry	Train	Combined
Lorry	1,235	0,030	0,151
Train	0,000	0,002	0,002
Sea ship	0,000	0,000	0,000
Air plane	0,000	0,000	0,000
Inland ship	0,000	0,000	0,000

Figur 13: Eksempler på resultatpresentasjon fra Eco-TransIT

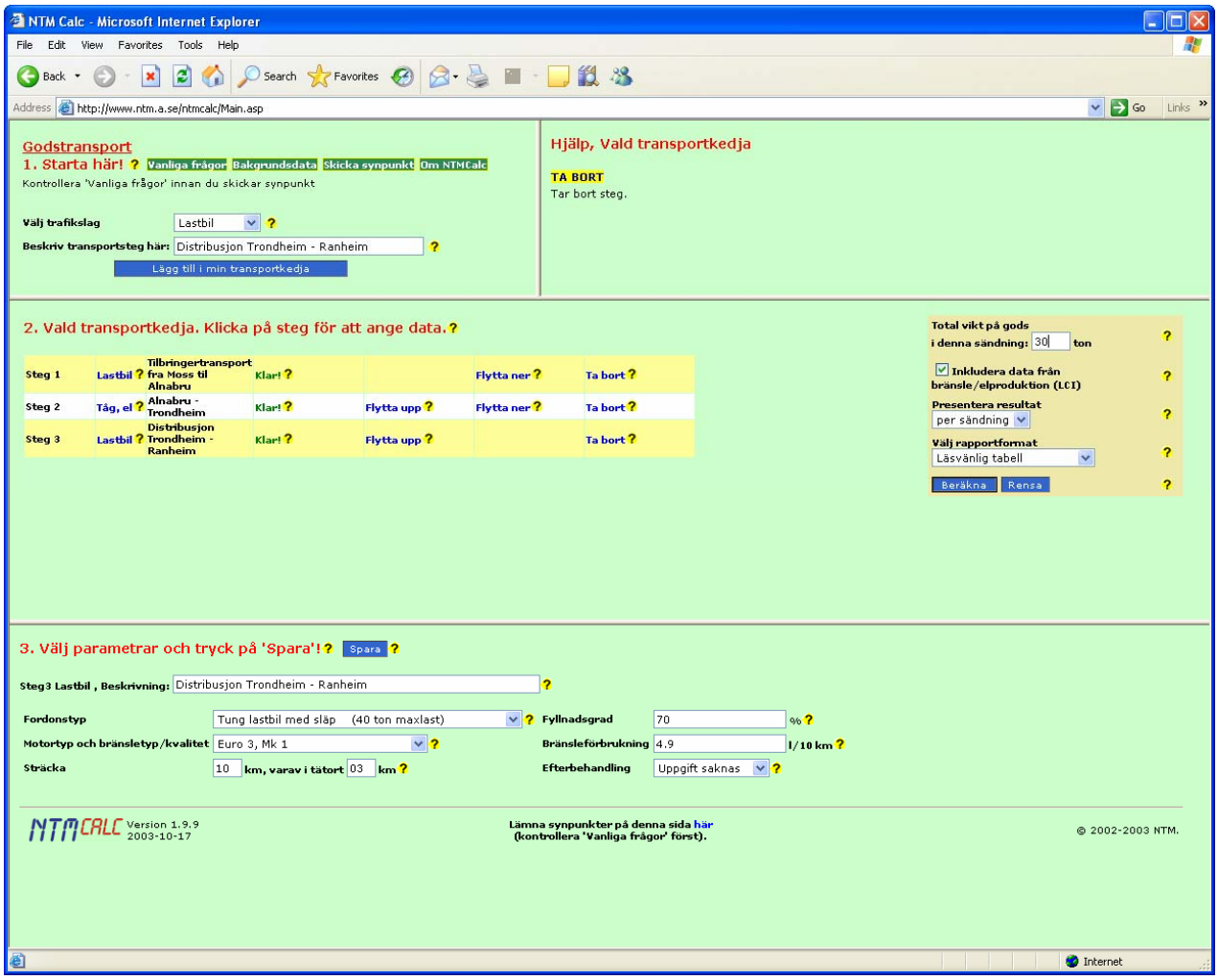
NTM-Calc: Bak denne kalkulatoren står den svenske organisasjonen:

- ”Nätverket för Transporter och Miljön”.

Denne miljøkalkulatoren har ingen innebygd ruteplanlegger. Man må selv bestemme de transportmidler som skal benyttes, planlegge rute og eventuelle byttepunkter samt beregne avstander. Kalkulatoren behandler både lastebil, tog og skip og man kan velge mellom:

- 5 typer skip (Ferje, ro-ro og lasteskip av 3 ulike størrelser)
- 6 typer lastebiler (5 dieseldrevne kjøretøy med varierende lasteevne og 1 bensindreven varebil. I tillegg kommer EURO-klassifisering av kjøretøyene; Pre-EURO +EURO I - III)
- 4 typer fly (transportfly med varierende lastkapasitet)
- 4 typer godstog (1 diesel med 2 ulike drivstofftyper og 3 elektriske; vognlast, systemtog og kombitog)

I figur 14 vises hvordan ruter spesifiseres og legges inn i kalkulatoren.



Figur 14: Skjermbilde hvor transportalternativet spesifiseres og legges inn i NTM-kalkulatoren

Kalkulatoren har en rekke innlagte standardverdier som kan brukes eller man kan overstyre disse og legge inn sine egne verdier. Det gjelder særlig forhold som drivstofforbruk og utnyttelsesgrad.

Resultatene presenteres for hvert av de transportmidler og delstrekninger som er benyttet i et transportalternativ

Vi ser at NTM-kalkulatoren beregner resultater for:

- Drivstoff- / energi-forbruk fra ulike energikilder
- Utslipp av:
  - CO_2 (kulldioksid)
  - NO_x (nitrogenoksider)
  - CO (kullos)
  - PM (partikler)
  - SO_2 (svoveldioksid)

Under resultat-tabellen gis en beskrivelse av hver av delstrekningene som utgjør transportalternativet som er beregnet.

NTMCALC

Resultat för transport av 30 ton, utsläpp från fordon

		Steg1a			Steg1b			Steg2a			Steg2b			Steg3a			Steg3b			Summa			
		Medel	Hög	Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög	Låg	
CO_2 Total	[kg]	85	96	75	5.3	6	4.7	0.057	0.081	0.030	0.00053	0.00076	0.00028	9.3	10	8.2	4	4.5	3.5	103.65753	116.58176	91.43028	[kg]
CO_2 Fossil	[kg]	85	96	75	5.3	6	4.7	0.057	0.081	0.030	0.00053	0.00076	0.00028	9.3	10	8.2	4	4.5	3.5	103.65753	116.58176	91.43028	[kg]
NO_x	[g]	540	600	470	34	38	29	0.22	0.32	0.12	0.0021	0.0030	0.0011	59	66	52	25	28	22	658.2221	732.323	573.1211	[g]
HC	[g]	44	49	38	2.7	3.1	2.4	0.21	0.30	0.11	0.0019	0.0028	0.0010	4.8	5.4	4.2	2	2.3	1.8	53.7119	60.1028	46.511	[g]
CH_4	[g]	Ej tillg.			Ej tillg.			0			0			Ej tillg.			Ej tillg.			Ej tillg.			[g]
CO	[g]	77	87	68	4.8	5.4	4.2	1.5	2.2	0.81	0.014	0.020	0.0076	8.5	9.5	7.4	3.6	4.1	3.2	95.414	108.22	83.6176	[g]
PM	[g]	8.7	9.8	7.7	0.55	0.61	0.48	0.025	0.036	0.013	0.00023	0.00033	0.00012	0.96	1.1	0.84	0.41	0.46	0.36	10.64523	12.00633	9.39312	[g]
SO_2	[g]	0.11	0.12	0.096	0.0068	0.0077	0.0060	0.091	0.13	0.049	0.00085	0.0012	0.00046	0.012	0.013	0.011	0.0051	0.0058	0.0045	0.22575	0.2777	0.16696	[g]
Energi förnybar	[MJ]	0			0			3000	4300	1600	28	41	15	0			0			3028	4341	1615	[MJ]
Energi fossil	[MJ]	1200	1300	1000	74	83	65	0.52	0.75	0.28	0.0049	0.0070	0.0026	130	150	110	55	62	49	1459.5249	1595.757	1224.2826	[MJ]
Energi kärnkr.	[MJ]	0			0			0.041	0.059	0.022	0.00038	0.00055	0.00021	0			0			0.04138	0.05955	0.02221	[MJ]

Steg	Beskrivning	Valbara parametrar	Källa emissioner
Steg1a	Tilbringertransport fra Moss til Alnabru	Fordonstyp: Tung lastbil med släp Maxlast: 40 ton Motor- och bränsletyp: Euro 3, Mk 1 Efterbehandling: Saknas Bränsleförbrukning: 4,9 l/10 km Sträcka utanför tätort: 64 km Fyllnadsgrad: 70 %	Scania 1999
Steg1b	Tilbringertransport fra Moss til Alnabru	Fordonstyp: Tung lastbil med släp Maxlast: 40 ton Motor- och bränsletyp: Euro 3, Mk 1 Efterbehandling: Saknas Bränsleförbrukning: 4,9 l/10 km Sträcka i tätort: 4 km Fyllnadsgrad: 70 %	Scania 1999
Steg2a	Alnabru - Trondheim	Fordonstyp: Tåg, el Tåg: System Sträcka utanför tätort: 535 km Elmix: Banverket inköp Vattenkraft (SE) 100 %	Elmix: Brännström-Norberg, B-M., et.al, "Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion, sammanfattande rapport", Vattenfall AB, Stockholm Dec. 1996. Emissioner: Brännström-Norberg, B-M., et.al, "Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion, sammanfattande rapport", Vattenfall AB, Stockholm Dec. 1996.
Steg2b	Alnabru - Trondheim	Fordonstyp: Tåg, el Tåg: System Sträcka i tätort: 5 km Elmix: Banverket inköp Vattenkraft (SE) 100 %	Elmix: Brännström-Norberg, B-M., et.al, "Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion, sammanfattande rapport", Vattenfall AB, Stockholm Dec. 1996. Emissioner: Brännström-Norberg, B-M., et.al, "Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion, sammanfattande rapport", Vattenfall AB, Stockholm Dec. 1996.
Steg3a	Distribusjon Trondheim - Ranheim	Fordonstyp: Tung lastbil med släp Maxlast: 40 ton Motor- och bränsletyp: Euro 3, Mk 1 Efterbehandling: Saknas Bränsleförbrukning: 4,9 l/10 km Sträcka utanför tätort: 7 km Fyllnadsgrad: 70 %	Scania 1999
Steg3b	Distribusjon Trondheim - Ranheim	Fordonstyp: Tung lastbil med släp Maxlast: 40 ton Motor- och bränsletyp: Euro 3, Mk 1 Efterbehandling: Saknas Bränsleförbrukning: 4,9 l/10 km Sträcka i tätort: 3 km Fyllnadsgrad: 70 %	Scania 1999

Användning av uppgifterna

Som tidigare förklarats bör man avhålla sig ifrån direkta jämförelser mellan transportslagen utifrån den presenterade typen av data. Uppgifterna ska istället ses som beskrivning av, eller snarare en indikation på, storleksordningen inom vilken transportslagets miljöpåverkan kan tänkas vara för dagens transporter i Sverige.

NTMCALC Version 1.9.9 2003-10-17

Lämna synpunkter på denna sida här (kontrollera 'Vanliga frågor' först).

© 2002-2003 NTM.

Figur 15: Eksempel på resultatpresentasjon fra NTM-kalkulatoren

ITD Emission Calculator

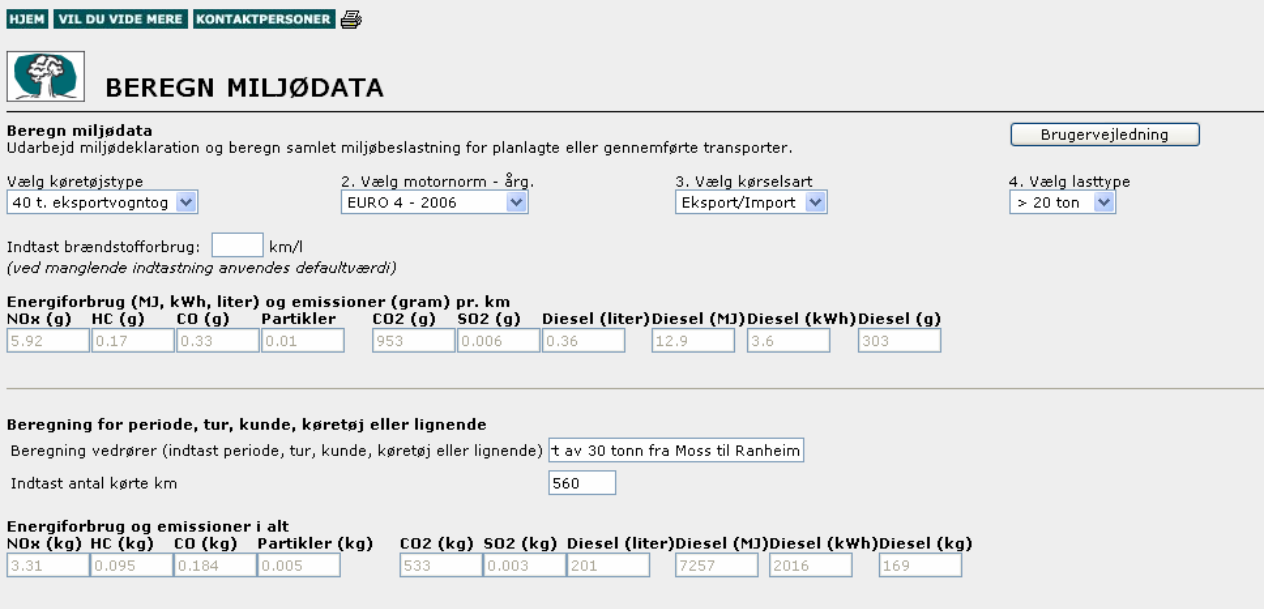
Dette er en miljøkalkulator som er utviklet av den danske transportorganisasjonen for lastebileiere; International Transport Danmark (ITD). Organisasjonen har videre medlemskap i International Road Transport Union (IRU).

Denne kalkulatoren omfatter bare lastebiltransport og omfatter:

- 3 kjøretøytyper (lastebiler av ulik størrelse)
- 6 – 7 nivåer av EURO-klassifisering (fra Pre EURO til og med EURO V)

Kalkulatoren har ikke noe ruteplanleggingsverktøy. Brukeren må selv legge inn transportert godsmengde og avstander. Når det gjelder hvilke veg og trafikkforhold transporten skjer under så skiller kalkulatoren mellom det de kaller ”eksport / import” og ”blandet kjørsel”.

Resultatene presenteres som utslipp pr kjørte kilometer og for hele strekningen. Resultatene presenteres også som en miljøattest (på dansk kalt transportdeklarasjon).



Figur 16: Skjermbilde for innlegging av transportalternativ og resultatpresentasjon

Vi ser av resultatlinjen at kalkulatoren beregner og presenterer resultater for:

- Drivstoff-/energi-forbruk
- Utslipp av:
  - CO_2 (kulldioksid)
  - NO_x (nitrogenoksider)
  - HC (hydrokarboner
  - Partikler
  - SO_2 (svoveldioksid)

TRANSPORTDEKLARATION AF ENERGIFORBRUG OG EMISSIONER

Køretøjstype og kørselsart

Køretøjstype: 40 t. eksportvogntog
Motor: EURO 4 - 2006
Kørselsart: Eksport/Import

Km/liter dieselolie:
Last > 20 ton

Energiforbrug (MJ, kWh, liter) og emissioner (gram) pr. km

NOx (g)	HC (g)	CO (g)	Partikler (g)	SO2 (g)	CO2 (g)	Diesel (liter)	Diesel (MJ)	Diesel (kWh)	Diesel (g)
5.92	0.17	0.33	0.01	0.006	953	0.36	12.9	3.6	303

RAPPORT

Vedrørende: Transport av 30 tonn fra Moss til Ranheim
Antal kørte km: 560

ENERGIFORBRUG OG EMISSIONER I ALT

NOx (kg)	HC (kg)	CO (kg)	Partikler (kg)	SO2 (kg)	CO2 (kg)	Diesel (liter)	Diesel (MJ)	Diesel (kWh)	Diesel (kg)
3.31	0.095	0.184	0.005	0.003	533	201	7257	2016	169

VIRKSOMHED

Virksomhedsnavn: Peterson Moss
Adresse:
Postnr. og by: Moss
Land:
Tlf.:
Fax:
e-mail:

SIGNATUR:

Sted og dato Navn

Figur 17: Eksempel på transportdeklarasjon som kalkulatoren utsteder

4.2 Uttesting av kalkulatorene

4.2.1 Testopplegg

I første fase prøvde vi ut de enkelte kalkulatorer på mer eller mindre tilfeldig konstruerte eksempler for å se hvordan kalkulatorene fungerte samt for å vurdere rimeligheten i resultatene. Deretter etablerte vi en fast forsøksrelasjon; Transport av 30 tonn mellom Moss (Østfold) og Ranheim (Sør-Trøndelag). Denne ble benyttet for å sammenligne resultatene fra de ulike kalkulatorene.

4.2.2 Erfaringer og resultater

Erfaringene vi høstet etter den innledende bruken av kalkulatorene var ganske positiv. Etter noen små startproblemer viste det seg at kalkulatorene var ganske brukervennlige, og resultatene virket ganske realistiske.

Deretter gikk vi over til mer systematisk utprøving på transport av 30 tonn på relasjonen Moss-Ranheim.

Eco-TransIT:
Eco-TransIT har som allerede nevnt en innebygd ruteplanlegger som skal finne korteste rute, nærmeste jernbaneterminal og havn og dermed planlegge intermodale transportløsninger.

Kalkulatoren klarte rimelig greit å finne korteste rute, men var ikke i stand til å planlegge de intermodale løsningene. Der fikk vi helt uforståelige resultater og resultatpresentasjonen ga oss heller ikke noe informasjon om hvilket rutevalg det var regnet på.

Dette var kanskje noe overraskende, særlig for jernbanetransportene, da Norge har bare 12 godsterminaler hvor gods kan lastes og losses. Vi måtte derfor ta i bruk den manuelle løsningen og spesifisere vår egen godsrute:

Tilbrigertransport med lastebil:	Moss – Alnabru
Togtransport:	Alnabru - Trondheim
Distribusjon:	Trondheim – Ranheim

Når dette ble spesifisert, regnet kalkulatoren greit gjennom ruten og presenterte resultatene oversiktlig og lett forståelig. (Eksempel på resultatpresentasjon er vist i figur 13.

Skipstransporten klarte imidlertid kalkulatoren ikke. Den klarte ikke selv å lage en fornuftig rute og den klarte heller ikke å beregne realistiske avstander når vi spesifiserte ruten. Siden dette var et ganske nedslående resultat forsøkte vi en rekke andre relasjoner med skip uten at kalkulatoren greide å gjennomføre beregningene på en fornuftig måte.

Forklaringen ligger kanskje i at Norge er ikke et sentralt land for det utviklingsmiljøet som sto bak kalkulatoren. Jernbanenettet og havnestruktur var sannsynligvis for dårlig spesifisert til at den automatiske ruteplanleggeren kunne virke tilfredsstillende.

NTM-Calc
NTM-kalkulatoren er vesentlig enklere en Eco-TransIT i struktur da den ikke har noen ruteplanlegger innebygd. Det gjør også kalkulatoren vesentlig mer robust. Den gjør enkle beregninger basert på de forutsetninger som brukeren selv legger inn (transportmidler som skal brukes, byttepunkter/terminaler, rutebeskrivelse, godsmengder og avstander). I tillegg kan man overstyre standardverdiene i programmet med hensyn til drivstofforbruk og utnyttelsesgrad av transportmidlene.

Særlig på grunn av sin robusthet vil denne kalkulatoren bli den som vi velger å foreta de avsluttende beregninger med i kapittel 5

ITD Emission Calculator
Denne kalkulatoren er den enkleste av de tre vi har undersøkt. Den behandler kun lastebiltransport og har beskjedne variasjonsmuligheter når det gjelder vegnett og trafikkforhold.

Kalkulatoren gjorde uten problemer beregninger for lastebiltransport mellom Moss og Ranheim. Denne kalkulatoren var også den eneste som dekket alle EURO-klassifiseringene fra Pre-EURO til og med EURO V.

Siden den ikke behandler noen av de andre transportmidlene kommer man her heller ikke bort i noen av de vanskelighetene som vi opplevde med Eco-TransIT.

Resultatene fra beregningene ble enkelt og oversiktlig presentert og som tidligere nevnt har man her også muligheten til å få utstedt en ”transportdeklarasjon” som er en form for miljøattest.

4.3 Test av kalkulatorene på transport av 30 tonn på relasjonen Moss – Ranheim

I dette delkapitlet skal vi gå gjennom resultatene fra testberegninger for de ulike kalkulatorer hvor de skal beregne de miljømessige konsekvenser av å frakte 30 tonn på strekningen Moss – Ranheim.

4.3.1 Beregninger for lastebiltransport

I tabell 5 har vi gjengitt beregningsresultatene fra de ulike miljøkalkulatorene for biltransport av 30 tonn fra Moss til Ranheim utenfor Trondheim.

				Utslipp					
EU-krav	Kalkulator	Avstand km	Energi MJ	CO_2 kg	NO_x g	HC g	CO g	PM g	SO_2 g
Pre-EURO									
	NTM-calc	558	10 110	748	15 160	1 719	2 325	880	1
	ITD-calc-st	558	8 035	590	13 800	463	1 070		3
EURO-0									
	NTM-calc	558	10 110	748	13 140	617	1 112	293	1
EURO-I									
	NTM-calc	558	10 110	748	7 885	526	1 001	142	1
	ITD-calc	558	7 231	531	7 700	156	345	106	3
EURO-II									
	Eco-TransIT	598	16 708	1 235	13 373	705		185	706
	NTM-calc	558	10 110	748	6 772	384	728	101	1
	ITD-calc	558	7 231	531	6 740	156	306	44	3
EURO-III									
	Eco-TransIT	598	17 319	1 280	9 732	688		208	732
	NTM-calc	558	10 110	748	4 650	384	677	76	1
	ITD-calc	558	7 231	531	4 720	133	262	33	3
EURO-IV									
	Eco-TransIT	598	16 799	1 242	6 156	782		43	710
	ITD-calc	558	7 231	531	3 300	94	184	5	3
EURO-5									
	ITD-calc	558	7 231	531	1 880	94	184	5	3

Tabell 5: Test-resultater fra kalkulatorenes beregning av biltransport av 30 tonn fra Moss til Ranheim

Resultatene viser relativt stor spredning mellom de tre kalkulatorene. Størst er avvikene for Eco-TransIT sammenlignet med de to andre (NTM-calc og ITD Emission calculator). Eco-TransIT ligger systematisk med vesentlig høyere utslippstall for biltrafikken for alle typer utslipp. ITD Emission calculator ligger systematisk lavest. Dette kan ha noe med hvordan man tar hensyn til topografien. ITD er dansk og brukes hovedsakelig på relativt flatt terreng.

Ingen av kalkulatorene fanger opp at dagens lastebilmotorer er mer effektive og gir dermed noe lavere drivstofforbruk enn motorene fra før EURO-kravene trådte i kraft i 1993. En slik effektivisering er blant annet vist i SFT-rapport 99:04 ”Utslipp fra veitrafikk i Norge”.

4.3.2 Beregninger for togtransport

I dette delkapitlet skal vi vise resultatene fra kalkulatorenes miljøberegninger for togtransport og vi bruker fremdeles eksemplet med å frakte 30 tonn fra Moss til Ranheim.

	Kalkulator	Transportmiddel	Avstand km	Energi MJ	Utslipp CO_2 kg	NO_x g	HC g	CO g	PM g	SO_2 g
Elektrisk lok										
	Eco-transit	Lastebil	73	2 110	156	1 195	83		25	89
		Tog	542	2 786	2	-	-		-	2
		Sum	615	4 896	158	1 195	83		25	91
	NTM-calc	Lastebil	73	1 284	96	604	49	87	10	0
		Tog	542	2 600	0	0	0	1	0	0
		Sum	615	3 884	96	604	49	88	10	0
Diesel-lok	Eco-transit	Lastebil	73	2 110	156	1 195	83		25	89
		Tog	542	7 691	568	8 854	881		236	325
		Sum	615	9 801	724	10 049	964		261	414
	NTM-calc	Lastebil	73	1 284	96	604	49	87	10	0
		Tog	542	3 800	270	5 700	240	310	120	0
		Sum	615	5 084	366	6 304	289	397	130	0
Bil-referanser:										
Lastebil EURO III	NTM-calc	Bil hele veien	558	10 110	748	4 650	384	677	76	1
Lastebil EURO IV	ITD-calc	Bil hele veien	558	7 231	531	3 300	94	184	5	3

All biltransport som inngår er utført med kjøretøyer som tilfredsstiller EURO III

Tabell 6: Test-resultater fra kalkulatorenes beregning av togtransport av 30 tonn fra Moss til Ranheim

Bergningene for elektrisk togdrift hvor elektrisiteten kommer fra 100% vannkraft er ikke spesielt interessante da de gir ca null i utslipp for alle komponentene. Som tidligere nevnt blir markedet for el-forsyning mer og mer internasjonalt og i figur 10 viste vi at i Europa produseres ca 50 % av den elektriske energi ved hjelp av kull, olje og gass og foreløpig skjer denne produksjonen uten CO_2-rensing. I tillegg vil slik el-produksjon i varierende grad også bidra med utslipp av forurensende gasser.

Selv om jernbane transporten mellom Alnabru og Trondheim foregår med elektriske tog har vi også tatt med en beregning for dieseltog. Dette kan være en aktuell sammenligning for tilsvarene avstand fra Trondheim og nordover (for eksempel Trondheim – Mo i Rana) da Nordlandsbanen ikke er elektrifisert. For sammenligningens skyld tok vi med to av lastebilberegningene som referanseberegninger. Vi ser her at moderne lastebiltransport er i ferd med å bli mer miljøvennlig enn dieseldrevne tog.

4.3.3 Beregninger for skipstransport

Selv om vi allerede har konkludert med at to av kalkulatorene ikke kan brukes til å gjøre miljøberegninger for skipstransporter (Eco-TransIT og ITD Emission calculator), har vi gjort beregninger for skipstransporter ved hjelp av miljøkalkulatoren NTM-calc.

Alle beregninger for skip med NTM-calc

Skipstype		Transport-middel	Avstand km	Energi MJ	Utslipp CO_2 kg	NO_x g	HC g	CO g	PM g	SO_2 g
Lasteskip	<2000dwt	Lastebil	13	203	15	93	7	13	2	-
		Skip	1 210	14 000	1 100	26 000	580	1 500	890	19 000
		Sum	1 223	14 203	1 115	26 093	587	1 513	892	19 000
	2-8000 dwt	Lastebil	13	203	15	93	7	13	2	-
		Skip	1 210	10 000	760	20 000	540	90	730	13 000
		Sum	1 223	10 203	775	20 093	547	103	732	13 000
	> 8000 dwt	Lastebil	13	203	15	93	7	13	2	-
		Skip	1 210	7 300	550	16 000	620	310	740	9 500
		Sum	1 223	7 503	565	16 093	627	323	742	9 500
Ro-Ro skip		Lastebil	13	203	15	93	7	13	2	-
		Skip	1 210	12 000	890	24 000	1 100	480	1 200	15 000
		Sum	1 223	12 203	905	24 093	1 107	493	1 202	15 000
Bil-referanser:	Kalkulator									
Lastebil EURO III	NTM-calc	Bil hele veien	558	10 110	748	4 650	384	677	76	1
Lastebil EURO IV	ITD-calc	Bil hele veien	558	7 231	531	3 300	94	184	5	3

Tabell 7: Test-resultater fra kalkulatorenes beregning av skipstransport av 30 tonn fra Moss til Ranheim

Her må vi først innrømme at strekningen Moss – Ranheim ikke er ideell for skipstransport da det blir uforholdsmessig lang avstand til sjøs mellom de to stedene, men vi tror at beregningene allikevel kan gi en indikasjon på det miljømessige konkurranseforholdet.

Igjen har vi tatt med to av resultatene fra biltransportene som referanseberegninger.

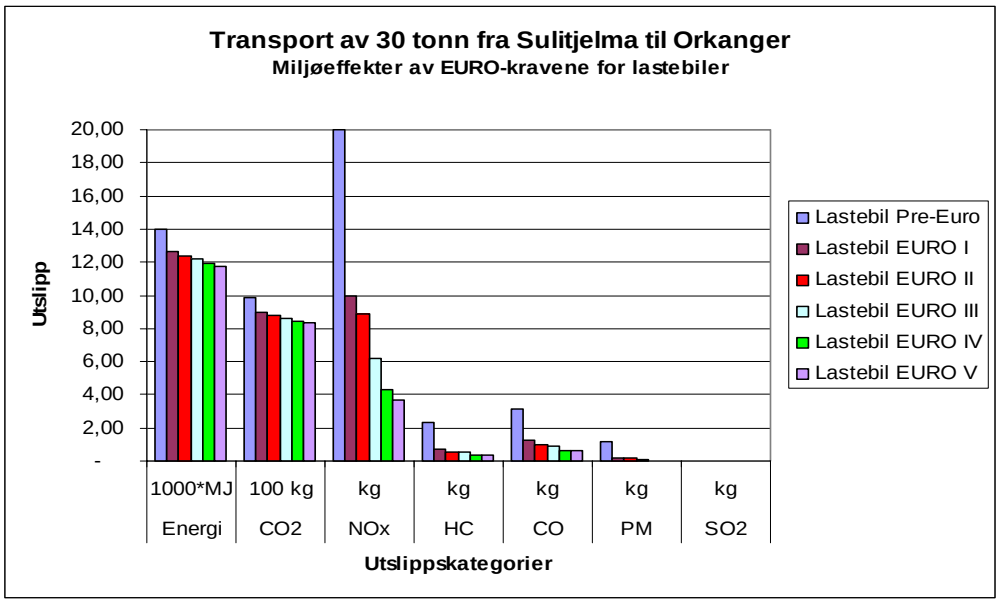
Vi ser at skip ikke er spesielt miljøvennlige. Selv om vi kompenserer for den uforholdsmessige lange avstanden ved for eksempel å halvere tallene, så ser vi at skipene kan konkurrere med hensyn til CO_2-utslipp, men selv en halvering hjelper ikke når det gjelder de forurensende utslippene. Særlig nitrogenoksider, partikler og svoveldioksid har meget høye utslippsverdier.

4.4 Sammenligning av transportmidlene ved transport av 30 t fra Sulitjelma til Orkanger

For å demonstrere den miljømessige utviklingen av lastebilen samt sammenligne de ulike transportmidlene valgte vi å lage et nytt beregningseksempel. Vi vil nå beregne de miljømessige konsekvensene av å transportere 30 tonn fra Sulitjelma (44 km øst for Fauske) til Orkanger (45 km sydvest for Trondheim). Som tidligere nevnt gir miljøberegninger for elektrisk drevne tog ikke særlig ny kunnskap da de fleste utslippene er lik eller svært nær null så lenge man ikke drar produksjonen av elektrisitet inn i vurderingen. Det er derfor bevisst at vi valgte en strekning som ikke er elektrifisert og hvor vi må regne på dieseldrevet tog.

Til beregningen har vi benyttet miljøkalkulatoren NTM-calc. Den mangler imidlertid muligheten til å beregne utslipp for EURO IV- og EURO V-klassifiserte lastebiler. Vi har derfor tillatt oss å gjøre anslag for disse to lastebilkategoriene ved å redusere utslippene proporsjonalt med endring i EURO-kravene for de ulike utslippskategorier. Vi har også tillatt oss å redusere drivstofforbruket for lastebilene i henhold til den dokumenterte endringen i SFT-publikasjonen ”Utslipp fra veitrafikk i Norge” SFT-rapport 99:04.

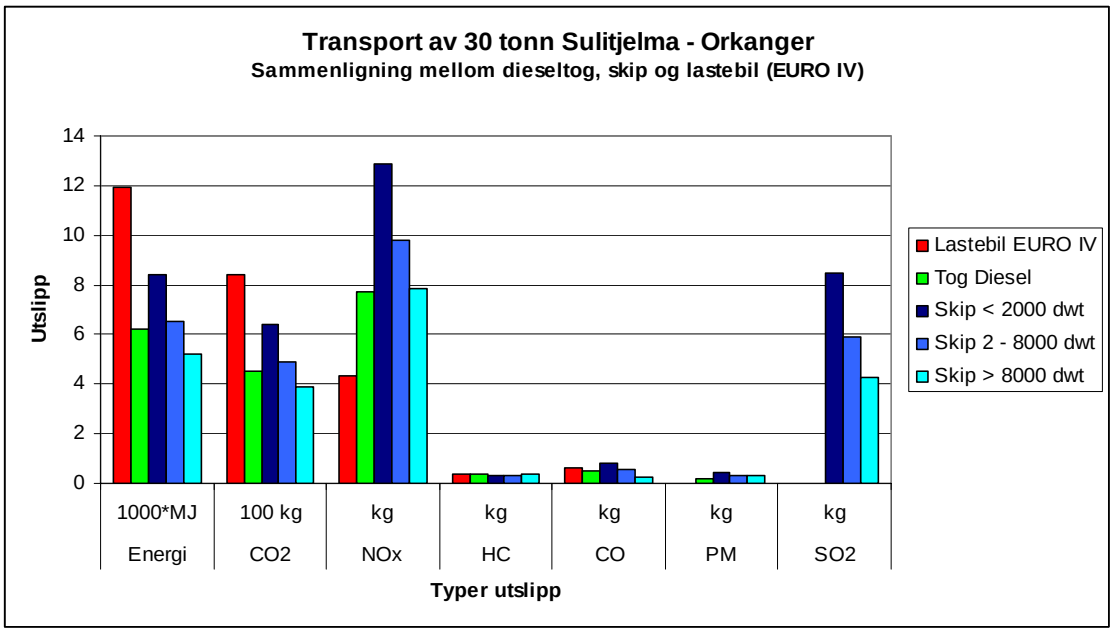
I figur 18 er det vist hvordan utslippene fra kjøretøyer med ulik EURO klassifisering har endret seg i takt med innføringen av nye og strengere klassifiseringskrav.



Figur 18: Effekt av stadig strengere EURO-krav på en transport av 30 tonn fra Sulitjelma til Orkanger

Figuren viser tydelig hvilken effekt EURO-kravene har hatt på utslipp fra lastebiltransportene med betydelige reduksjoner i de fleste utslippskategorier. På mange måter er figuren en dokumentasjon på en teknologisk revolusjon som har pågått siden omkring 1990 og som enda ikke er avsluttet. Den er også en dokumentasjon på politisk vilje og teknologisk dyktighet med hensyn til å ville og til å klare å redusere utslipp fra vegtrafikken.

Vi har også gjort tilsvarende beregninger for dieseltog og skip av ulik størrelse. I figur 19 ser vi disse resultatene sammen med EURO IV-resultatene for lastebil.



Figur 19: Miljømessige konsekvenser av lastebil-(EURO IV), dieseltog- og skips-transport av 30 tonn fra Sulitjelma til Orkanger

Resultatene viser at både skip og dieseltog er mer drivstoffeffektive enn lastebilen og bidrar med mindre CO_2-utslipp pr transportert enhet enn lastebiltransportene. På den negative siden har begge disse transportmidlene vesentlig høyere NO_x-utslipp enn lastebiltransportene og skipstransportene har også svært høye svovelutslipp.

4.5 Miljøkalkulatorenes struktur

Etter å ha testet ut ulike egenskaper ved miljøkalkulatorene har vi på mange måter avdekket den strukturelle måte som kalkulatorene er bygd opp på. Skreller man bort alle små finurligheter så står man igjen med en relativt primitiv beregningsmåte der alle utslipp relateres til transportarbeidet (tonnkilometer). Beregningsgrunnlaget i alle kalkulatorene er faktorer som uttrykker utslipp pr tonnkilometer for de ulike utslippskomponentene. Disse faktorene er i utgangspunktet konstante, men kan gjøres avhengig av transportmidlets utnyttelsesgrad. Brukeren må da spesifisere en annen utnyttelsesgrad enn standardverdien som ligger i kalkulatoren.

Utslipp pr tonnkm								
	Spesifisert forbruk	Energi-forbruk	Utslipp					
			CO2	NOx	HC	CO	PM	SO2
	l/10km	MJ	kg	g	g	g	g	g
Pre-Euro	4,9	6,20	0,44	9,10	1,10	1,40	0,53	0,00057
EURO 0	4,9	6,20	0,44	7,70	0,37	0,65	0,18	0,00057
EURO I	4,9	6,20	0,44	4,70	0,32	0,60	0,09	0,00057
EURO II	4,9	6,20	0,44	4,00	0,23	0,44	0,06	0,00057
EURO III	4,9	6,20	0,44	2,80	0,23	0,40	0,05	0,00057
EURO III	4,5	5,70	0,41	2,60	0,21	0,37	0,04	0,00052

Tabell 8: Tabell som viser basis utslippsfaktorer i NTM-calc for tung lastebil med 40t maxlast

Under innlegging av data har man mulighet til å overstyre standardverdien for drivstofforbruk som er satt til 4,9 l/10 km. Når vi endret den til 4,5 l/10 km, det vil si satte den ned med 8,2 % endret alle utslippsfaktorer seg proporsjonalt.

Tilsvarende endringer får man dersom man endrer lastebilens utnyttelsesgrad , men da blir endringen i utslippsfaktorene omvendt proporsjonal med endringen utnyttelsesgrad.

4.6 Avsluttende vurdering av miljøkalkulatorene

I dette prosjektet har vi benyttet miljøkalkulatorer til å beregne de miljømessige karakteristika for ulike transportmiddel på ulike transportrelasjoner.

Resultatene viste at det var stor variasjon i resultatene mellom de ulike miljøkalkulatorene. Forskjellene var så store at de må basere seg på ulike forutsetninger uten at det er gjort rede for. Det skal derfor understrekes at man som bruker må forsøke å skaffe seg oversikt over kalkulatorens forutsetninger og gjerne sammenligne resultatene med andre kalkulatorer.

Kalkulatorene virker i utgangspunktet som hendige beregningsverktøy, men de er egentlig ganske primitive. For biltransport må man spesifisere kjøretøyets gjennomsnittlige drivstofforbruk og utnyttelsesgrad hvis man ikke ønsker å bruke kalkulatorens standardverdier. De verdier for drivstofforbruk og utnyttelsesgrad man eventuelt legger inn korrigerer basis utslippsfaktorer (vekt av utslipp/tonnkilometer) proporsjonalt / omvendt proporsjonalt med endringen i drivstofforbruk / utnyttelsesgrad.

Kalkulatorene tar ingen hensyn til topografien (stigninger, fall), vegens standard, trafikkhastigheten eller fremkommeligheten på vegnettet. Dette kan man indirekte ta hensyn til gjennom å korrigere drivstofforbruket for den transporten man ønsker å foreta beregninger for.

Til tross for miljøkalkulatorenes svakheter finnes det aktuelle bruksområder for dem. Et aktuelt område synes å være miljøregnskap for bedrifter og/eller transportører hvor man gjør gjentatte beregninger over tid. Dersom man benytter den samme kalkulator vil endringene over tid kunne gi brukbare indikasjoner på utviklingen. Ønsker man mer korrekte absoluttverdier må man nok bruke en del tid på å verifisere beregningsverktøyet. Slik det foreligger nå har man for dårlig kontroll med beregningsnøyaktigheten.

Til tross for svakheten var alle kalkulatorene i stand til å vise effekten av EURO-kravene til lastebiltransportene, men bare NTM-calc var robust nok til å dekke det meste av det beregningsbehovet vi hadde i dette prosjektet. Det gjelder da særlig skip og til en viss grad jernbane.

4.7 Trender inn i fremtiden

De rådende trender innenfor godstransport vil også til en viss grad prege den nærmeste fremtiden.

Godstransportmarkedet vil fortsette å vokse som følge av befolkningsutvikling, økonomisk utvikling, kjededannelser innen næringslivet og sentralisering.

Bil og sjøtransport er de store aktørene med hensyn til transportarbeidet , mens jernbane er størst når det gjelder transport av stykkgods over 600 km. Jernbane ser ut til å ha potensialet til å vokse videre, men vil nok få en markedsbegrensning på grunn av sin lave flatedekning (kun tolv terminaler i hele Norge) og foreløpig manglende terminal- og spor-kapasitet.

Jernbanen har hittil markedsført seg som det miljøvennlige transportalternativet drevet av 100 % ren energi basert på norsk vannkraft. Energiforsyningen internasjonaliseres og i fremtiden vil vi nok bli en del av et internasjonalt elektrisitetsmarked. I Europa fremstilles ca 50 % av elektrisiteten av kull, olje og gass. Jernbane vil fremdeles være et godt miljøvennlig alternativ, men energiproduksjonen vil bli litt forskjellig fra i dag. Vi må også ta med at deler av jernbanenettet ikke er elektrifisert og der drives transportene med dieseldrevne lokomotiver.

Sjøtransporten ser ut til å ha et miljøproblem som følge av høy gjennomsnittsalder med tilhørende lavt teknologisk nivå. Utslippene er derfor høyere enn moderne teknologi kan tilby. Lav utskiftingstakt forsterker disse problemene. IMO (FN) arbeider med strengere utslippskrav for skipsfarten og det blir spennende å se hvordan skipsfarten klarer en nødvendig omstilling.

EU har fremstått som en pådriver for miljøvennlig biltransport. Resultatene viser en teknologisk revolusjon som må kunne karakteriseres som vellykket. Denne utviklingen vil fortsette og mye vil skje innenfor:

- Motorteknologi
- Drivstoff
- Intelligente transportsystemer (ITS)

Denne utviklingen vil i alle fall fortsette i en ti-årsperiode. Deretter vil eksperimentering med nyutviklede transportformer (motortyper, drivstoff) skyte fart.

Etter denne fasen vil man kunne starte innfasing av de beste løsningene (jfr Lavutslippsutvalgets innstilling).

5 Referanser og støttelitteratur

Statens Forurensningstilsyn: Utslipp fra veitrafikk i Norge, SFT rapport 99:04, SFT 1999

Sigurd Holtskog: Direkte energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge 1994 og 1998
Statistisk Sentralbyrå 2001 /16

Arne Rideng: Transportytelser i Norge 1946 – 2005
Transportøkonomisk Institutt, TØI-rapport 862 / 2006

Per Magne Einang: Gas Fuelled Ships, Paper 261 presented at CIMAC Congress in Vienna 2007. MARINTEK 2007

Norges Offisielle Statistikk: Innenlandske transportytelser 1946 – 2001
Statistisk Sentralbyrå 2003

Harald Thune-Larsen, Anne Madslien, Jan Erik Lindjord: Energieffektivitet og utslipp i transport, Transportøkonomisk Institutt, TØI-notat 1078 / 1997

Anne Finstad, Gisle Haakonsen, Eli Kvingedal og Kristin Rypdal: Utslipp til luft av noen miljøgifter i Norge, Statistisk Sentralbyrå 2001 /17

Bente Tornsjø: Utslipp til luft fra innenriks sjøfart, fiske og annen sjøtrafikk mellom norske havner, Statistisk Sentralbyrå 2001 / 6

Anne Finstad, Ketil Flugsrud og Kristin Rypdal: Utslipp til luft fra norsk luftfart
Statistisk Sentralbyrå. 2002 / 8

Inger Beate Hovi, Tron Even Skyberg, Knut Bøe: Konkurranseflater i godstransport og intermodale transporter, Transportøkonomisk Institutt, TØI-rapport 447 / 1999

Jon Bang, Erik Figenbaum, Ketil Flugsrud, Steinar Larsen, Kristin Rypdal og Charlotte Torp: Emissions from road traffic in Norway, Statens Forurensningstilsyn, SFT-report nr 93:02

Otto Andersen: Transport, miljø og kostnader, Vestlandsforskning, VF-notat 15 / 2006

Stortingsmelding nr 34 (2006-2007) Norsk Klimapolitikk, Det Kongelige Miljøverndepartement

Statens Forurensningstilsyn: Utslipp av klimagasser i Norge – Historisk Utvikling,
TA 1840 / 2001

Opplysningsrådet for Veitrafikken: Fakta om Veitransport

Norges Naturvernforbund: Transportstrategi for miljø og næringsliv, Rapport 1 / 2007

Trondheim
Address: NO-7465 Trondheim, Norway
Phone: +47 73 59 30 00
Fax: +47 73 59 33 50

Oslo
Address: P.O. Box 124, Blindern, NO-0314 Oslo, Norway
Phone: +47 22 06 73 00
Fax: +47 22 06 73 50