



**Vestlandsforskning**

Boks 163, 6851 Sogndal

Tlf. 57 67 61 50

Internett: [www.vestforsk.no](http://www.vestforsk.no)

VF-notat nr. 8/1999

# **NSB MILJØDATA**

**Kvalitetssikring av en database for energibruk, utslipp til  
luft, risiko for ulykker og samfunnsøkonomiske  
kostnader ved ulike former for gods- og persontransport**

**Av**

**Otto Andersen og Hans Einar Lundli**

## VF notat

<b>Notat tittel:</b> NSB Miljødata. Kvalitetssikring av en database for energibruk, utslipp til luft, risiko for ulykker og samfunnsøkonomiske kostnader ved ulike former for gods- og persontransport.	<b>Notatnr:</b> 8/99
	<b>Dato:</b> August 1999
	<b>Gradering:</b> Åpen
<b>Prosjekttittel:</b>	<b>Tal sider:</b> 38
<b>Forskarar:</b> Otto Andersen, Hans Einar Lundli	<b>Prosjektansvarleg:</b> Karl G Høyer
<b>Oppdragsgjevar:</b> NSB BA	<b>Emneord:</b> Persontransport, godstransport, energibruk, luftforurensning, ulykkesrisiko, kostnader
<b>Samandrag:</b> Notatet presenterer arbeid som Vestlandsforskning har gjort i kvalitetssikring av en database for sammenligning av ulike transportalternativer med hensyn til energibruk, luftforurensende utslipp, samfunnsøkonomiske kostnader og risiko for ulykker. Notatet omfatter både person- og godstransport. For persontransport er de ulike transportformene vei, fly- og jernbane transport inkludert i databasen. For godstransport omfatter den i tillegg transport på sjø. Den delen av veialternativene som utgjøres av fergestrekninger er også inkludert.  Det er i databasen gjort en tallfesting av energiforbruk, utslipp av CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, partikler, SO <sub>2</sub> og CH <sub>4</sub> for de ulike transportalternativene. Samfunnsøkonomiske kostnader ved de ulike utslippene blir beregnet ved å tillegge de ulike utslippskomponentene egne kostnadsfaktorer. Det blir også gitt en tallfesting av ulykkesrisiko ved de ulike alternativene for persontransport.  Bakgrunn for valg av faktorene for utslipp, kostnadsberegning og ulykkesrisiko blir presentert i notatet.	
<b>Andre publikasjonar frå prosjektet:</b>	
<b>ISBN nr:</b> ISSN: 0804-8835	<b>Pris :</b> Kr 50,-



## **Forord**

Dette er rapporten fra et oppdrag finansiert av NSB BA.

Hovedmålet med oppdraget har vært å kvalitetssikre en database for sammenligning av ulike transportalternativer med hensyn til energibruk, luftforurensende utslipp, samfunnsøkonomiske kostnader og risiko for ulykker.

Otto Andersen og Hans Einar Lundli har vært ansvarlig for gjennomføringen av arbeidet.

En takk rettes til Sigmund Haugsjå ved NSB BA Adm for nyttige kommentarer underveis.

Karl Georg Høyér har vært faglig hovedansvarlig.

Sogndal, august 1999  
Karl Georg Høyér



# Innhold

<b>1.INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>ENERGIBRUK OG UTSLIPP FRA PERSONTRANSPORT .....</b>	<b>3</b>
1.1.PERSONTRANSPORT PÅ VEI .....	3
<i>Normalbelegg for tilslutning ved persontransport på vei.....</i>	3
<i>Normalbelegg for hovedreisen ved persontransport på vei .....</i>	3
<i>Energibruk for tilslutning ved persontransport på vei.....</i>	4
<i>Energibruk for hovedreisen ved per sontransport på vei.....</i>	4
<i>Utslipp for tilslutning ved persontransport på vei.....</i>	4
<i>Utslipp for hovedreisen ved persontransport på vei .....</i>	5
<i>Persontransport med bilferger .....</i>	5
1.2.PERSONTRANSPORT MED JERNBANE .....	6
<i>Normalbelegg for persontransport med jernbane.....</i>	6
<i>Energibruk for persontransport med jernbane.....</i>	6
<i>Utslipp fra persontransport med jernbane.....</i>	7
1.3.PERSONTRANSPORT MED FLY.....	7
<i>Valg av flytyper som inngår i databasen.....</i>	7
<i>Utløyet distanse.....</i>	9
<i>Kapasitetsutnyttning.....</i>	11
<i>Beregninger av energiforbruk og utslipp .....</i>	12
<i>Virkning av utslipp i høyere luftlag.....</i>	16
<b>2.ENERGIBRUK OG UTSLIPP FRA GODSTRANSPORT .....</b>	<b>17</b>
2.1.GODSTRANSPORT PÅ VEI.....	17
<i>Energibruk for godstransport på vei.....</i>	17
<i>Utslipp fra godstransport på vei .....</i>	17
<i>Godstransport med bilferge.....</i>	18
2.2.GODSTRANSPORT MED JERNBANE.....	18
<i>Energibruk for godstransport på jernbane.....</i>	19
<i>Utslipp fra godstransport på jernbane.....</i>	19
2.3.GODSTRANSPORT PÅ SJØ.....	20
2.4.GODSTRANSPORT MED FLY .....	20
<b>3.SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER VED UTSLIPPENE .....</b>	<b>21</b>
3.1.METODISKE TILNÆRMINGER VED BEREGNING AV MILJØKOSTNADER.....	21
3.2. KOSTNADER VED UTSLIPP AV NOX .....	23
3.3. KOSTNADER VED UTSLIPP AV CO <sub>2</sub> .....	25
3.4.KOSTNADER VED UTSLIPP AV NMVOC OG SO <sub>2</sub> .....	27
3.5.KOSTNADER VED UTSLIPP AV CO OG CH <sub>4</sub> .....	27
3.6.KOSTNADER VED UTSLIPP AV PARTIKLER .....	27
<b>4.ULYKKESRISIKO .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERANSER .....</b>	<b>31</b>
4.1.LITTERATUR .....	31

4.2.PERSONLIGE MEDDELELSER.....	33
---------------------------------	----

## Liste over figurer

FIGUR 1 SKJEMATISK FRAMSTILLING AV EN FLYVESYKLUS.....	9
--	---

## Liste over tabeller

TABELL 1 NORMALBELEGG FOR PERSONTRANSPORT PÅ VEI.....	4
TABELL 2 ENERGIBRUKS-FAKTORER FOR PERSONTRANSPORT PÅ VEI (KWH/PKM)	4
TABELL 3 UTSLIPPSFAKTORER FOR TILSLUTNING VED PERSONTRANSPORT PÅ VEI (G/PKM) .....	5
TABELL 4 UTSLIPPSFAKTORER FOR HOVEDREISEN VED PERSONTRANSPORT PÅ VEI (G/PKM).....	5
TABELL 5 GJENNOMSNIITTLIGE UTSLIPPSFAKTORER FOR BILFERGER (G/PKM).....	6
TABELL 6 ENERGIBRUKSFAKTORER FOR PERSONTRANSPORT MED TOG (KWH/PKM).....	7
TABELL 7 UTSLIPPSFAKTORER FOR PERSONTRANSPORT MED JERNBANE (G/PKM)	7
TABELL 8 LTO MED UTVALGTE FLYTYPER I NORGE. TALL FOR 1997.....	8
TABELL 9 FLYDISTANSER MELLOM DE 4 STØRSTE BYENE I NORGE .....	10
TABELL 10 NOEN UTVALGTE FLYDISTANSER MELLOM FLYPLASSER I NORD-NORGE OG SØR-NORGE .....	11
TABELL 11 KABINFAKTOR FOR FLYVNINGER MED SAS, BRAATHENS OG WIDERØE	11
TABELL 12 FLYVESYKLUS FOR EN 400 KM LANG FLYREISE MED MELLOMSTORE PASSASJERFLY .....	12
TABELL 13 FLYVESYKLUS FOR EN 950 KM LANG FLYREISE MED MELLOMSTORE PASSASJERFLY .....	13
TABELL 14 ENERGIFORBRUK (KWH/PKM) OG UTSLIPP TIL LUFT (G/PKM) FOR FLYVNINGER MED ULIKE FLYTYPER. DISTANSEKATEGORI 400 KM.....	14
TABELL 15 ENERGIFORBRUK (KWH/PKM) OG UTSLIPP TIL LUFT (G/PKM) FOR FLYVNINGER MED ULIKE FLYTYPER. DISTANSEKATEGORI 950 KM.....	15

<b>TABELL 16 ENERGIFORBRUK (KWH/PKM) OG UTSLIPP TIL LUFT (G/PKM) FOR FLYVNINGER MED DASH 8-100. GJENNOMSNIITT FOR FLYVNINGER GJENNOMFØRT MED WIDERØE I 1997.....</b>	<b>15</b>
<b>TABELL 17 FAKTORER FOR ENERGIBRUK FOR GODSTRANSPORT PÅ VEI (KWH/TONNKM).....</b>	<b>17</b>
<b>TABELL 18 UTSLIPPSFAKTORER FOR GODSTRANSPORT PÅ VEI (G/TONNKM) .....</b>	<b>18</b>
<b>TABELL 19 GJENNOMSNIITTLIGE UTSLIPPSFAKTORER FOR BILFERGER (G/TONNKM).....</b>	<b>18</b>
<b>TABELL 20 FAKTORER FOR ENERGIBRUK FOR GODSTRANSPORT PÅ JERNBANE (KWH/TONNKM).....</b>	<b>19</b>
<b>TABELL 21 UTSLIPPSFAKTORER FOR GODSTRANSPORT MED JERNBANE (G/TONNKM).....</b>	<b>19</b>
<b>TABELL 22 UTSLIPP FRA STYKKGODSSKIP (G/TONNKM).....</b>	<b>20</b>
<b>TABELL 23 UTSLIPP FRA INNENRIKS RUTEFLY (G/TONNKM).....</b>	<b>20</b>
<b>TABELL 24 ANSLAG OVER KOSTNADER AV NOX -UTSLIPP. TALL I NOK/KG (CA. 1999-KRONER) .....</b>	<b>23</b>
<b>TABELL 25 KOSTNADSVERDIER FOR NOX -UTSLIPP KNYTTET TIL TRANSPORT. TALL I NOK/KG (CA. 1999-KRONER) .....</b>	<b>25</b>
<b>TABELL 26 ANSLAG OVER KOSTNADER AV CO2 -UTSLIPP. TALL I NOK/KG (CA. 1999-KRONER) .....</b>	<b>25</b>
<b>TABELL 27 KOSTNADSVERDIER FOR CO2 -UTSLIPP KNYTTET TIL TRANSPORT. TALL I NOK/KG (CA. 1999-KRONER) .....</b>	<b>27</b>
<b>TABELL 28 RISIKO FOR Å OMKOMME SOM REISENDE MED ULIKE TRANSPORTMIDLER I NORGE 1994-1998 (ANTALL OMKOMNE PER MILLION PERSONKM).....</b>	<b>29</b>





## 1. Innledning

Vestlandsforskning har fått i oppdrag av NSB å kvalitetssikre en database for sammenlikning av ulike transportalternativer for transport i Norge. I databasen inngår energibruk, utslipp av de vanligste forurensingskomponentene fra transportformene, beregning av samfunnsmessige kostnader av utslippene, og for persontransport også ulykkesrisiko ved de ulike transportvalgene. Det er kun den direkte energibruken og de direkte utslippene som det gjøres sammenlikning av i analysen. Dette utgjør energiforbruk og utslipp kun som følge av transportmidlenes framdrift. Energibruk og utslipp fra drivstoffenes produksjon og distribusjon (brutto direkte utslipp og energibruk) er det ikke gjort sammenlikning av. Energi og utslipp fra produksjon og vedlikehold av transportmidlene og deres infrastruktur (indirekte utslipp og energibruk) er heller ikke tatt med.

Databasen omfatter både person- og godstransport. For persontransport er de ulike transportformene vei, fly- og jernbane transport inkludert i databasen. For godstransport omfatter databasen i tillegg transport på sjø.

I databasen benyttes to typer transportstrekninger. Disse er a)Tilslutning til og fra utgangspunktet for reisen, og b)Hovedreisestrekningen. For tilslutning benyttes i hovedsak by-faktorer for utslipp og belegg, mens det for hovedreisestrekningen benyttes landsgjennomsnitt for lange reiser. Disse faktorene blir det gjort rede for i detalj i det påfølgende kapittel.



## **Energibruk og utslipp fra persontransport**

I dette kapitlet blir det redegjort for valg av faktorer for belegg, energibruk og utslipp for persontransport på vei, jernbane og med fly.

### **1.1. Persontransport på vei**

For persontransport på vei omfatter databasen privatbil, drosje og ekspressbuss. Det blir i dette avsnittet redegjort for valg av faktorer for normalbelegg, energibruk og utslipp for denne veitransporten. Normalbelegg både for tilslutning og for hovedtransport-strekningen blir presentert.

#### *Normalbelegg for tilslutning ved persontransport på vei*

For personbil som tilslutning til og fra utgangspunktet for hovedreisestrekningen benyttes et normalbelegg på 1,6 personer per kjøretøy. Dette tilsvarer det belegget som Vestlandsforskning tidligere har anslått som gjennomsnitt for persontransporten med bil i Oslo (Lundli et. al, 1998). Det tilsvarende normalbelegget for drosje som tilslutningsalternativ er på 1,3 passasjer per kjøretøy. For buss som tilslutningsalternativ er det benyttet et normalbelegg på 45%, som er det samme som gjennomsnittet for ekspressbusser på lange reiser. Vi har ikke funnet det riktig å benytte data fra bybusser som grunnlag for tilslutning med buss, ettersom det i all hovedsak er dedikerte flybusser som er det aktuelle valg for slike reiser.

#### *Normalbelegg for hovedreisen ved persontransport på vei*

For normalbelegg på personbil som valg for hovedtransport-strekningen er det i databasen benyttet gjennomsnittet for lange reiser som Vestlandsforskning tidligere har gjort (Lundli et. al 1999). Dette innebærer et belegg på 2,2 personer per kjøretøy. Drosje er i databasen ikke et mulig valg for hovedreisestrekningen, kun for tilslutning. For buss er det benyttet det samme normalbelegget som for ekspressbusser 45% på lange reiser.

Normalbeleggene for tilslutning og hovedreisen for persontransport på vei er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1 Normalbelegg for persontransport på vei

Transportmiddel	Enhet	Normalbelegg for tilslutning	Normalbelegg for hovedreisen
Personbil	Personer per kjøretøy	1,6	2,2
Drosje	Passasjerer per kjøretøy	1,3	
Buss	Prosent	45	45

*Energibruk for tilslutning ved persontransport på vei*

For personbil som tilslutning benyttes en faktor for energibruk på 0,72 kWh per personkm fra Lundli et. al (1998). Tilsvarende faktor for energibruken i drosjer er 0,79 kWh per personkm. Energibruksfaktoren for buss tilsvarende gjennomsnittet for lange reiser med ekspressbuss og er satt til 0,15 kWh per personkm (Lundli et. al 1999).

*Energibruk for hovedreisen ved persontransport på vei*

For personbil som benyttes på hovedtransportstrekningen benyttes en faktor for energibruk på 0,3 kWh per personkm fra Lundli et. al (1999). For alternativet med ekspressbuss benyttes den samme energibruksfaktoren som for tilslutning med buss, d.v.s. 0,15 kWh per personkm. Energibruks-faktorer for tilslutning og hovedreisen for persontransport på vei er oppsummert i Tabell 2.

Tabell 2 Energibruks-faktorer for persontransport på vei (kWh/pkm)

Transportmiddel	Tilslutning	Hovedreisen
Personbil	0,72	0,30
Drosje	0,79	
Buss	0,15	0,15

*Utslipp for tilslutning ved persontransport på vei*

Både for personbil brukt ved tilslutning og for hovedreisen er det benyttet et anslag om at 10 % av personbilparken utgjøres av dieseldrevne biler og 90 % av bensindrevne. Det tilsvarende anslag for drosjer brukt ved tilslutning er 66% dieseldrevne og 34 % bensindrevne. Det er for utslippene av CO, CH<sub>4</sub> og NMVOC fra personbiler benyttet som grunnlag faktorer fra Thune-Larsen (1997). For utslipp av NO<sub>x</sub> og CO<sub>2</sub> fra personbiler og drosjer er det benyttet by-faktorer fra Lundli et. al (1998). Faktorer for utslipp av SO<sub>2</sub> fra personbiler er beregnet ut fra Lundli et. al (1999) ved å benytte samme forhold mellom

utslipp ved tilslutning og hovedreisen som for CO<sub>2</sub>. Faktorene for partikkelutslipp fra personbiler og drosjer er hentet fra Andersen (1998). For utslipp av CO, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> og NMVOC fra drosjer er det benyttet faktorer fra Holtskog og Rypdal (1997). Utslippsfaktorer for CO, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC, NO<sub>x</sub> og CO<sub>2</sub> fra buss er fra (Lundli et. al 1999). Faktorer for partikkelutslipp fra busser er hentet fra Andersen (1998), men med et drivstofforbruk på 2,98 liter per mil som utgangspunkt for beregningene. Utslippsfaktorene for tilslutning ved persontransport på vei er vist i Tabell 3.

*Tabell 3 Utslippsfaktorer for tilslutning ved persontransport på vei (g/pkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
Personbil	185,2	0,036	0,42	9,40	0,0264	1,142	0,151
Drosje	155,0	0,059	0,67	1,39	0,0052	0,165	0,249
Buss	39,6	0,019	0,50	0,13	0,001	0,04	0,056

*Utslipp for hovedreisen ved persontransport på vei*

Utslippsfaktorer for CO, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NMVOC, NO<sub>x</sub> og CO<sub>2</sub> for bil og buss er fra (Lundli et. al 1999). Faktorer for partikkelutslipp er hentet fra Andersen (1998), men det er benyttet drivstofforbruk for personbiler på 0,8 liter per mil for bensindrevne og 0,7 liter per mil for dieseldrevne for å beregne partikkelmengden i eksosutslipp. Drivstofforbruket for busser er satt til 2,98 liter per mil som utgangspunkt for tilsvarende beregninger. Utslippsfaktorene for hovedreisen ved persontransport på vei er vist i Tabell 4.

*Tabell 4 Utslippsfaktorer for hovedreisen ved persontransport på vei (g/pkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
Personbil	77,2	0,015	0,78	4,54	0,018	0,82	0,099
Buss	39,6	0,019	0,50	0,13	0,001	0,04	0,056

*Persontransport med bilferger*

For den delen av veialternativet som utgjøres av bilferge er det benyttet gjennomsnittlige utslippsfaktorer som vist i Tabell 5.

*Tabell 5 Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for bilferger (g/pkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
Bilferge	926,0	0,64	14,60	0,88	0,070	0,80	0,150

Energibruken for bilferger er beregnet ut fra CO<sub>2</sub>-utslippet for ferger. Dette er gjort ved å benytte en verdi for energiinnholdet i marin diesel på 11,76 kWh/kg og en omregningsfaktor på 3,15 kg CO<sub>2</sub> per. kg drivstoff. Disse verdiene er hentet fra Høyer og Heiberg (1993). Vi får da en energibruksfaktor på 3,46 kWh per personkm for bilferger.

## 1.2. Persontransport med jernbane

For persontransport med jernbane omfatter databasen dieseltog, InterCity (elektrisk), og fjerntog (elektrisk). Det blir i dette avsnittet redegjort for valg av faktorer for normalbelegg, energibruk og utslipp for dette transportalternativet.

### *Normalbelegg for persontransport med jernbane*

Landsgjennomsnittet for belegg på fjerntog og InterCity tog var ca. 49 % i 1998. Selv om kapasitetsutnyttningen på dieseltog trolig er noe lavere, har vi ikke empirisk belegg for å benytte en lavere faktor for denne transporten. For fjerntog har vi tidligere vist at gjennomsnittlig belegg for en strekning med betydelig transportvolum (Oslo-Bergen) er på 56,67 % (Andersen 1999). Det er i databasen valgt å benytte et gjennomsnittlig normalbelegg på 50 % på alle tre typene tog benyttet til persontransport. Beleggsprosent for tilslutning (Oslo S-Gardermoen) og for hovedreisen er satt like store.

### *Energibruk for persontransport med jernbane*

For energibruk for elektrisk persontog (fjerntog og InterCity) er det benyttet det nasjonale gjennomsnittet på 0,046 kWh/setekm hentet fra TØI (Thune-Larsen et al, 1997). Med en kapasitetsutnyttelse på 50 % gir dette et energibruk på 0,092 kWh/pkm. Energibruk for tilslutning (Oslo S-Gardermoen) og for hovedreisen er satt like store.

For dieseldrevne passasjertog er det benyttet tall fra Thune-Larsen et al (1997) på 24,52 gram diesel per personkm i 1994. Ved 50 % normalbelegg blir dette 0,179 kWh/pkm. Energibruket for persontransport med tog er vist i Tabell 6.

*Tabell 6 Energibruksfaktorer for persontransport med tog (kWh/pkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>Tilslutning</b>	<b>Hovedreisen</b>
InterCity	0,092	0,092
Fjerntog		0,092
Dieseltog		0,179

### *Utslipp fra persontransport med jernbane*

Direkte utslipp fra elektrisk jernbane settes lik null. Utslipp fra produksjonen av elektrisiteten er ikke omfattet i databasen. Dette gir riktig sammenlikning med andre transportalternativer, hvor heller ikke utslipp fra drivstoffenes produksjon og distribusjon er med. For utslipp fra dieseldrevne persontog er det benyttet faktorer fra Thune-Larsen et al (1997).

Utslippsfaktorene for persontransport med jernbane er vist i Tabell 7.

*Tabell 7 Utslippsfaktorer for persontransport med jernbane (g/pkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NMVOC</b>	<b>Partikler</b>
InterCity/Fjerntog <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-	-
Dieseltog	77,7	0,064	0,978	0,263	0,0049	0,114	0,112

## **1.3. Persontransport med fly**

### *Valg av flytyper som inngår i databasen*

Den opprinnelige svenske miljødatabasen inkluderer 6 flytyper: B737-500, BAe 146-200, DC9-41, Fokker 28, MD82 og SAAB 340. Tre av disse flytypene (BAe 146-200, Fokker 28 og SAAB 340) trafikkerer imidlertid bare i liten grad norske flyplasser.<sup>2</sup> Dette er dokumentert i

*Tabell 8* nedenfor. Vi foreslår derfor at disse tre flytypene tas ut av databasen. Til erstatning for disse foreslår vi å trekke inn noen ofte benyttede flytyper i Norge som ikke inngår i den opprinnelige databasen. Dette gjelder flytypene Boeing 737-400, MD81, MD83, MD87, MD93, Fokker 50 og Dash 8-100.

Flytypen Boeing 737-400 gis de samme forbruks- og utslippsfaktorer som Boeing 737-500. Vi foreslår derfor at flytypen Boeing 737-500 i databasen omdøpes til "Boeing 737-400 og Boeing 737-500". Braathens har et betydelig antall Boeing 737-400 i sin flyflåte. Det er viktig at brukeren forstår at databasen også gir utslippsberegninger for denne flytypen.

<sup>1</sup> Som også beskrevet i hovedteksten, er utgangspunkt for sammenlikning av ulike transportmidler i databasen utslipp og energibruk fra transportmidlenes framdrift. Dette betegnes som *netto direkte* energibruk/utslipp. Skulle det tas hensyn til at en del av elektrisiteten er produsert ved danske kullkraftverk måtte det også for bensin og dieseldrevne transportmidler inkluderes utslipp og energibruk fra oljeplattformer og oljeraffinerier samt transport av oljeproduktene. Disse sistnevnte eksemplene på *brutto direkte* energibruk/utslipp ligger utenfor rammen av denne databasen.

<sup>2</sup> De tre flytypene er langt mer vanlige i Sverige.



Utslippene per personkm for de enkelte flytypene i MD80-serien (MD81, MD82, MD83 og MD87) varierer noe. Vi foreslår derfor at databasen inkluderer hele MD80-serien og ikke bare MD82. Den nyere og mer energieffektive flytypen MD93 bør også trekkes inn i databasen.

Fokker 50 er en flytype som ofte benyttes på relativt korte flystrekninger i Nord-Norge og på Vestlandet. Det samme er tilfelle med den mest vanligste flytypen til Widerøe, Dash 8-100. Alle disse flytypene står for et betydelig antall avganger og landinger i Norge. Det er derfor naturlig at disse inngår i databasen.

Braathens og SAS startet i 1998 innfasingen av nye flytyper, blant annet B737-700 og B737-600 (Braathens 1999; SAS 1999). Foreløpig er antallet av disse flytypene begrenset. Disse vil imidlertid øke i betydning i årene som kommer. Vi har ikke datagrunnlag for å foreta forbruks- og utslippsberegninger for disse to flytypene. B737-700 og B737-600 vil derfor ikke bli inkludert i databasen.

Tabell 8 nedenfor gir en oversikt over antall avganger og landinger (LTO<sup>3</sup>) med de nevnte flytypene ved norske flyplasser i 1997.

Tabell 8 LTO med utvalgte flytyper i Norge. Tall for 1997

Flytype	Antall LTO	Inkluderes i databasen
B737 (≈ B734 og B735)	86.000	Ja
DH8	74.000	Ja
F50	42.000	Ja
MD81, MD82, MD83	29.000	Ja
DC9-41	24.000	Ja
MD87	4.000	Ja
MD93	> 3.000	Ja
Fokker 28	<1.100	Nei
SAAB 340	<225	Nei
BAe 146-200	89	Nei

Kilde: grunnlagsdata innhentet fra Luftfartsverket og bearbeidet av Vestlandsforskning.

<sup>3</sup> Én landing og én avgang sammen med taksing/tomgang på flyplassen, blir betegnet som én LTO (Landing/Take-Off).

### *Utfløyet distanse*

Utslippene fra fly er i miljødatabasen oppgitt per personkm. De samme faktorene benyttes uavhengig av reisens lengde. Utslippene ved en gitt kapasitetsutnyttning vil imidlertid variere med utfløyet distanse. Korte flyvninger vil ha forholdsvis høyere utslipp enn lengre flyvninger. Dette skyldes at take-off og landing utgjør en større andel av reisen ved en kort reise enn ved en lang reise. Drivstoff-forbruket og utslippet av de enkelte komponentene er større i den såkalte LTO-fasen enn i cruisefasen. De enkelte fasene i en flyvning er vist i Figur 1.

### *Figur 1 Skjematisk framstilling av en flyvesyklus*

Kilde: Rypdal og Tornsjo (1997)

Ideelt sett burde miljødatabasen inneholdt utslippsfaktorer for hvert enkelt reisemål (eks Oslo-Bergen, Oslo-Bodø, Trondheim-Molde, etc). Dette forutsetter imidlertid beregning av gjennomsnittlige flyvesykluser for hver enkelt reisekombinasjon. Flyvesyklusene vil også variere med flytype. Dette er imidlertid et meget krevende arbeid og man er i tillegg avhengig av et omfattende samarbeid med flyselskapene. Slike data er ikke tilgjengelige i dag.

Vi velger isteden å beregne forbruks og utslippsdata for 3 gitte distanser. Disse er:

- flyvninger (distanse ca 140 km) med Dash 8-100 (Widerøe)
- 400 km med små og middels store passasjerfly (SAS, Braathens)
- 950 km med middels store passasjerfly (SAS, Braathens)

Den første distanse-kategorien, flyvninger med Dash 8-100, har en gjennomsnittlig reiselengde på cirka 140 km (Høyer 1993). Våre utslippsberegninger vil her i hovedsak basere seg på trafikkdata og forbruksdata for året 1997, innhentet fra Widerøe. Dette innebærer at energiforbruks- og utslippsfaktorene for Dash 8-100 vil være gjennomsnittstall for alle Widerøes sine ruteflyvninger med denne flytypen i 1997.

Kategorien 400 km med små og mellomstore passasjerfly vil være naturlig å anvende på flyvninger mellom de store byene i Sør-Norge samt Fokker 50-flyvningene. Tabell 9 viser flydistansen mellom de fire største byene i Norge.

*Tabell 9 Flydistanser mellom de 4 største byene i Norge*

Fra – til	Distanse (km)
Gardermoen-Flesland	320
Gardermoen-Værnes	360
Gardermoen-Sola	340
Flesland-Værnes	460
Flesland-Sola	170

Kilde: NSBs miljødatabase

Med unntak for Flesland-Sola har flyvningene mellom de fire største byene i Norge en distanse på fra 320 km til 460 km. Dette innebærer at kategorien 400 km vil være en god tilnærming for de nevnte flyvninger. Unntaket er imidlertid Flesland-Sola. Vi har imidlertid ikke datagrunnlag for å beregne flyvesykluser for reiser med middels store passasjerfly som er kortere enn 400 km.

Kategorien 950 km med mellomstore passasjerfly vil være naturlig å anvende på de fleste flyvninger mellom Nord-Norge og Sør-Norge. Eksempler på utfløyet distanse mellom flyplasser i Nord-Norge og Sør-Norge er vist i Tabell 10 nedenfor.

Tabell 10 Noen utvalgte flydistanser mellom flyplasser i Nord-Norge og Sør-Norge

Fra – til	Distanse (km)
Trondheim-Tromsø	774
Gardermoen-Bodø	802
Gardermoen-Evenes	959
Gardermoen-Bardufoss	1044
Gardermoen-Tromsø	1113

Kilde: NSBs miljødatabase

De fleste flyvninger mellom Nord-Norge og Sør-Norge har avgang eller landing på Gardermoen. Dette innebærer en relativ lang utfløyet distanse, noe Tabell 10 også viser. En distanse på 950 km vil være en god tilnærming for flyreiser mellom Nord-Norge og Sør-Norge.

#### Kapasitetsutnyttning

Databasen gir brukeren muligheten til å velge 3 typer kabinfaktorer for persontransport med fly. Disse er henholdsvis 100%, 65% og 25%. En kabinfaktor på 100% er for øvrig det samme som å oppgi utslipp per *setekm*. I tillegg til å oppgi våre faktorer for de 3 nevnte kabinfaktorene, vil vi også oppgi utslipp for flyvninger som har en kabinfaktor som tilsvarer gjennomsnittet for flyvninger i Norge i 1998 (1997 for Dash 8-100/Widerøe).

Tabell 11 Kabinfaktor for flyvninger med SAS, Braathens og Widerøe

Flyselskap	Kabinfaktor (%)
SAS innland (1998)	62,6
Braathens innland (1998)	56,0
Widerøe (1997)	51,3

Kilder: SAS 1999; Braathens 1999; Lundli og Vestby 1999.

Av Tabell 11 ser vi at SAS har den høyeste kabinfaktoren og Widerøe den laveste. SAS, Braathens og Widerøe benytter hver sine flytyper. Dette innebærer at det er mulig å legge inn ulike kabinfaktorer for de enkelte flytypene (eks 62,6% for MD-flyene, DC 9-41 og Fokker 50, 56,0% for Boeing 734/735). Vi anbefaler imidlertid at det for reisekategoriene 400 km og 950 km benyttes en kabinfaktor som er gjennomsnitt av kabinfaktoren for SAS og Braathens. Dette innebærer en kabinfaktor på 59,3%. For flyvninger med Dash 8-100 (distanse ca 140 km) med Widerøe foreslår vi imidlertid at den faktiske kabinfaktoren for disse reisene i 1997 benyttes (51,3 %). Denne typen flyvninger vil normalt ha en lavere beleggspersent som følge av mange "mellomlandinger".

### *Beregninger av energiforbruk og utslipp*

Vi kan nå presentere våre beregninger av energiforbruk og utslipp for de aktuelle flytyper og distanser. Før dette gjøres, vil vi imidlertid presentere flyvesyklusene som ligger til grunn for våre beregninger av energiforbruk og utslipp.

Tabell 12 og Tabell 13 viser beregnet flyvesyklus for henholdsvis en 400 km og en 950 km flyreise med mellomstore passasjerfly. Våre energiforbruks- og utslippsberegninger for den tredje distanse kategorien, korte flyvninger med Dash 8-100, tar imidlertid ikke utgangspunkt i en flyvesyklus. Beregninger for denne flytypen tar utgangspunkt i trafikkdata og forbruksdata oppgitt av Widerøe.

*Tabell 12 Flyvesyklus for en 400 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly*

	<b>Time (s)</b>	<b>Time (min)</b>
take off	42,0	0,70
climb I	53,6	0,89
climb II	717,2	11,95
cruise	453,6	7,56
descent	833,0	13,88
approach	260,6	4,34
idle	706,4	11,77
<b>SUM</b>	<b>3066,4</b>	<b>51,11</b>

Kilde: Beregnet av Vestlandsforskning med utgangspunkt i data innhentet fra Flygtekniska Forsöksanstalten. Dataene til FFA baserer seg på flere faktiske flyvninger gjennomført av SAS sommeren og vinteren 1997.

Den totale flytiden for en flyreise på 400 km er altså beregnet til ca 51 minutter. Dette stemmer bra overens med flytiden som SAS oppgir for strekningen Kirkenes-Tromsø (55 minutter på 422 km) og for strekningen Oslo-Trondheim (50 minutter på 360 km) (SAS 1999b).

Tabell 13 Flyvesyklus for en 950 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly

	Time (s)	Time (min)
take off	42,0	0,70
climb I	78,0	1,30
climb II	1119,2	18,65
cruise	2547,5	42,46
descent	1282,5	21,38
approach	269,1	4,48
idle	875,5	14,59
<b>SUM</b>	<b>6213,8</b>	<b>103,56</b>

Den totale flytiden for en flyreise på 950 km er beregnet til ca 104 minutter. Til sammenligning oppgir SAS flytiden for strekningen Oslo-Evenes (960 km) til 95 minutter.

Vi ser at andelen av tiden flyet er i cruisefasen er betydelig høyere for reisen på 950 km enn for reisen på 400 km. Drivstoff-forbruk og utslipp er vesentlig lavere i cruise-fasen enn under oppstigning. Dette innebærer at utslippet per personkm blir lavere jo lengre flyreisen er. Tabell 14, Tabell 15 og Tabell 16 viser våre beregninger av energiforbruk og utslipp for de enkelte flytypene og distansekategoriene.

Tabell 14 Energiforbruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 400 km.

Flytype	Kabinfaktor	Energi (kWh)	CO <sub>2</sub> (g)	SO <sub>2</sub> (g)	NO <sub>x</sub> (g)	CO (g)	CH <sub>4</sub> (g)	NMVOG (g)	Partikler (g)
Boeing 734/735	1,00	0,469	124	0,039	0,336	0,268	0,0006	0,012	0,015
	0,65	0,722	191	0,060	0,517	0,412	0,0009	0,018	0,023
	0,59	0,791	209	0,066	0,567	0,452	0,0010	0,020	0,025
	0,25	1,876	496	0,156	1,344	1,072	0,0024	0,048	0,060
MD 81	1,00	0,454	120	0,038	0,585	0,171	0,0017	0,060	0,015
	0,65	0,699	185	0,058	0,901	0,264	0,0026	0,092	0,023
	0,59	0,766	202	0,064	0,987	0,289	0,0029	0,101	0,026
	0,25	1,816	480	0,152	2,342	0,686	0,0068	0,240	0,061
MD 82	1,00	0,464	123	0,039	0,598	0,175	0,0017	0,061	0,016
	0,65	0,713	189	0,060	0,920	0,269	0,0027	0,094	0,024
	0,59	0,782	207	0,065	1,008	0,295	0,0029	0,103	0,026
	0,25	1,854	490	0,155	2,391	0,700	0,0069	0,245	0,062
MD 83	1,00	0,487	129	0,041	0,628	0,184	0,0018	0,064	0,016
	0,65	0,750	198	0,063	0,967	0,283	0,0028	0,099	0,025
	0,59	0,822	217	0,069	1,060	0,310	0,0031	0,109	0,028
	0,25	1,950	516	0,163	2,514	0,736	0,0073	0,258	0,065
MD 87	1,00	0,511	135	0,043	0,630	0,212	0,0021	0,074	0,017
	0,65	0,787	208	0,066	0,969	0,326	0,0032	0,114	0,026
	0,59	0,862	228	0,072	1,063	0,358	0,0035	0,125	0,029
	0,25	2,045	541	0,171	2,521	0,849	0,0084	0,297	0,068
MD 93	1,00	0,417	110	0,035	0,595	0,137	0,00006	0,002	0,014
	0,65	0,641	169	0,054	0,916	0,211	0,00009	0,004	0,021
	0,59	0,703	186	0,059	1,004	0,231	0,00009	0,004	0,024
	0,25	1,666	441	0,139	2,382	0,547	0,00023	0,009	0,056
DC 9-41	1,00	0,541	143	0,045	0,359	0,421	0,0052	0,104	0,018
	0,65	0,832	220	0,069	0,552	0,648	0,0080	0,160	0,028
	0,59	0,912	241	0,076	0,605	0,710	0,0088	0,175	0,030
	0,25	2,164	572	0,180	1,436	1,684	0,0208	0,416	0,072
Fokker 50	1,00	0,312	82	0,026	0,311	0,213	0,0018	0,019	0,010
	0,65	0,480	127	0,040	0,479	0,328	0,0028	0,030	0,016
	0,59	0,526	139	0,044	0,525	0,359	0,0031	0,032	0,018
	0,25	1,248	330	0,104	1,244	0,853	0,0074	0,077	0,042

Kilder: Egne beregninger basert på data innhentet fra FFA, SAS, Braathens, Widerøe og Luftfartsverket.

Tabell 15 Energiforbruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 950 km.

Flytype	Kabinfaktor	Energi (kWh)	CO <sub>2</sub> (g)	SO <sub>2</sub> (g)	NO <sub>x</sub> (g)	CO (g)	CH <sub>4</sub> (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Boeing 734/735	1,00	0,390	103	0,033	0,302	0,215	0,0003	0,009	0,013
	0,65	0,600	158	0,051	0,465	0,331	0,0005	0,014	0,020
	0,59	0,658	174	0,056	0,509	0,363	0,0005	0,015	0,022
	0,25	1,560	412	0,132	1,208	0,860	0,0012	0,036	0,052
MD 81	1,00	0,402	106	0,034	0,444	0,147	0,0009	0,053	0,013
	0,65	0,619	164	0,052	0,683	0,226	0,0013	0,081	0,021
	0,59	0,679	179	0,057	0,748	0,248	0,0015	0,089	0,023
	0,25	1,610	426	0,135	1,775	0,588	0,0035	0,210	0,054
MD 82	1,00	0,411	109	0,034	0,453	0,150	0,0009	0,054	0,014
	0,65	0,632	167	0,053	0,697	0,231	0,0014	0,082	0,021
	0,59	0,693	183	0,058	0,764	0,253	0,0015	0,090	0,023
	0,25	1,644	435	0,138	1,812	0,600	0,0035	0,214	0,055
MD 83	1,00	0,432	114	0,036	0,476	0,158	0,0009	0,056	0,014
	0,65	0,665	176	0,056	0,733	0,243	0,0014	0,087	0,022
	0,59	0,729	193	0,061	0,803	0,266	0,0016	0,095	0,024
	0,25	1,728	457	0,145	1,905	0,631	0,0037	0,225	0,058
MD 87	1,00	0,453	120	0,038	0,478	0,182	0,0011	0,065	0,015
	0,65	0,697	184	0,058	0,735	0,280	0,0016	0,100	0,023
	0,59	0,764	202	0,064	0,805	0,307	0,0018	0,110	0,026
	0,25	1,813	479	0,152	1,911	0,728	0,0043	0,260	0,061
MD 93	1,00	0,369	98	0,031	0,451	0,117	0,00003	0,002	0,012
	0,65	0,568	150	0,048	0,694	0,180	0,00004	0,003	0,019
	0,59	0,623	165	0,052	0,761	0,198	0,00005	0,003	0,021
	0,25	1,477	391	0,124	1,805	0,469	0,00011	0,008	0,049
DC 9-41	1,00	0,462	122	0,039	0,278	0,315	0,0026	0,075	0,015
	0,65	0,711	188	0,059	0,428	0,484	0,0041	0,115	0,024
	0,59	0,779	206	0,065	0,469	0,531	0,0045	0,126	0,026
	0,25	1,848	489	0,155	1,113	1,260	0,0106	0,298	0,062

Kilder: Egne beregninger basert på data innhentet fra FFA, SAS, Braathens, Widerøe og Luftfartsverket.

Tabell 16 Energiforbruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med Dash 8-100. Gjennomsnitt for flyvninger gjennomført med Widerøe i 1997.

Flytype	Kabinfaktor	Energi (kWh)	CO <sub>2</sub> (g)	SO <sub>2</sub> (g)	NO <sub>x</sub> (g)	CO (g)	CH <sub>4</sub> (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Dash 8-100	1,00	0,611	161	0,051	0,600	0,250	0,0010	0,009	0,020
	0,65	0,940	248	0,079	0,923	0,385	0,0015	0,014	0,031
	0,49	1,248	329	0,104	1,224	0,510	0,0020	0,018	0,042
	0,25	2,445	645	0,205	2,400	1,000	0,0040	0,036	0,082

Kilder: Egne beregninger basert på data innhentet fra FFA, Widerøe, Luftfartsverket samt Høyser (1993).



### *Virkning av utslipp i høyere luftlag*

Fly slipper ut forurensninger til luft i ulike høydelag. Det har stor betydning i hvilke høydelag utslippene skjer for den videre skjebne de får gjennom atmosfæren. For samme type forurensning vil vi kunne få ulike typer virkninger avhengig av høydelag.

RFI er en forkortelse for *Radiative Forcing Index*, eller fritt oversatt til norsk, *strålingspådriv-indeks*. RFI-indeksen kan brukes til å sammenligne den totale klimaeffekten (eller egentlig strålingspådrivet) av det samlede utslippet fra luftfart med den tilsvarende klimaeffekten for CO<sub>2</sub>-utslippet alene (IPCC 1999).

RFI-verdien for verdens flåte av subsoniske i fly er beregnet til 2,7 for året 1992.<sup>4</sup> Dette innebærer at luftfartens samlede virkning på drivhuseffekten er 2,7 ganger større enn hva luftfartens CO<sub>2</sub>-utslipp alene tilsier. Det er imidlertid en betydelig usikkerhet knyttet til en slik kvantifisering.

NSBs miljødatabase omfatter bare innenrikse flyreiser i Norge. Denne typen flyreiser har generelt en lavere cruisehøyde enn lengre utenriksreiser samt interkontinentale flyvninger. Dette innebærer at innenrikse flyvninger i Norge ikke har like stor effekt på klimaet som lengre reiser. En RFI-faktor på 2,7 er derfor trolig for høy for innenriks luftfart. Av denne grunn foreslår vi at databasen foreløpig ikke inkluderer klimaeffekten av utslipp i høyere luftlag.

---

<sup>4</sup> Den tilsvarende RFI-verdien for supersoniske fly er flere ganger større. Dette følger blant annet av at utslipp av vanndamp høyt i stratosfæren har en betydelig sterkere effekt på klimaet enn utslipp av vanndamp i øvre del av troposfæren/nedre del av stratosfæren (IPCC 1999).

## 2. Energibruk og utslipp fra godstransport

I dette kapitlet blir det redegjort for valg av faktorer for kapasitetsutnyttelse, energibruk og utslipp for godstransport på vei, jernbane, sjø og med fly.

### 2.1. Godstransport på vei

For godstransport på vei omfatter databasen fem kategorier transportmidler:

1. Lett varebil (<2,7 tonn totalvekt)
2. Tung varebil (2,7-3,5 tonn totalvekt)
3. Lett godsbil (3,5-10 tonn totalvekt)
4. Medium godsbil (10-20 tonn totalvekt)
5. Tung godsbil (>20 tonn totalvekt)

Det er benyttet samme faktorer for energibruk og utslipp for tilslutning som for hovedtransport-strekningen.

#### *Energibruk for godstransport på vei*

Data for energibruk for godstransport på vei er hentet fra TØI (Thune-Larsen et- al, 1997) og vist i Tabell 17.

*Tabell 17 Faktorer for energibruk for godstransport på vei (kWh/tonnkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>Energibruk</b>
Lett varebil (<2,7 tonn totalvekt)	2,94
Tung varebil (2,7-3,5 tonn totalvekt)	1,11
Lett godsbil (3,5-10 tonn totalvekt)	0,86
Medium godsbil (10-20 tonn totalvekt)	0,78
Tung godsbil (>20 tonn totalvekt)	0,22

#### *Utslipp fra godstransport på vei*

Data for utslipp fra godstransport på vei er hentet fra TØI (Thune-Larsen et- al, 1997) og vist i Tabell 18.

Tabell 18 Utslippsfaktorer for godstransport på vei (g/tonnkm)

Transportmiddel	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Lett varebil (<2,7 tonn totalvekt)	791,43	0,350	2,96	3,17	0,034	0,94	1,250
Tung varebil (2,7-3,5 tonn totalvekt)	299,73	0,132	1,10	1,17	0,012	0,32	0,399
Lett godsbil (3,5-10 tonn totalvekt)	231,78	0,102	2,58	1,44	0,010	0,39	0,189
Medium godsbil (10-20 tonn totalvekt)	209,79	0,093	2,20	0,99	0,004	0,30	0,169
Tung godsbil (>20 tonn totalvekt)	59,47	0,026	0,64	0,25	0,001	0,08	0,045

### Godstransport med bilferge

For den delen av veialternativet som utgjøres av bilferge har vi tidligere benyttet utslippsfaktorer som er basert på en bedarbeidelse av faktorene slik de framkommer i Holtskog og Rypdal (1997). Det er disse faktorene som er benyttet i Andersen (1998). Disse faktorene skiller seg imidlertid sterkt fra de som oppgis i Thune-Larsen et- al (1997). For miljødatabasen har vi valgt å legge til grunn faktorer som i størrelsesorden ligger mellom de opprinnelige fra Holtskog og Rypdal (1997) og de som er benyttet i Andersen (1998). Vi har derfor benyttet faktorene fra Thune-Larsen et- al (1997). Disse er vist i Tabell 19.

Tabell 19 Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for bilferger (g/tonnkm)

Transportmiddel	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Bilferge	1 915,00	1,33	30,2	1,81	0,14	1,66	0,30

Energibruken for godstransport med bilferger er beregnet ut fra CO<sub>2</sub>-utslippet. Dette er gjort på samme måte som for persontransport med bilferge ved å benytte en verdi for energiinnholdet i marin diesel på 11,76 kWh/kg og en omregningsfaktor på 3,15 kg CO<sub>2</sub> per kg drivstoff. Vi får da en energibruksfaktor på 7,15 kWh/tonnkm for bilferger.

## 2.2. Godstransport med jernbane

For godstransport på jernbane omfatter databasen to alternativer:

1. Dieseltog
2. Elektrisk tog

Jernbanestatistikken fra NSB er lagt til grunn for valg av beleggspersent. Det oppgis i denne en gjennomsnitt kapasitetsutnyttelse på 74% for godstog (NSB BA, 1997).

Det er benyttet samme faktorer for energibruk og utslipp for tilslutning som for hovedtransport-strekningen.

#### *Energibruk for godstransport på jernbane*

Faktor for energibruk for godstransport med dieseltog er fra Andersen et al (1999). For energibruk for godstransport med elektrisk tog er landsgjennomsnittet fra Thune-Larsen et- al (1997) lagt til grunn. Energibruksfaktorene for godstransport med jernbane er vist i Tabell 20.

*Tabell 20 Faktorer for energibruk for godstransport på jernbane (kWh/tonnkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>Energibruk</b>
Dieseltog	0,27
Elektrisk tog	0,05

#### *Utslipp fra godstransport på jernbane*

For godstransport med dieseltog er faktorer for utslipp hentet fra TØI (Thune-Larsen et- al, 1997). Utslipp fra elektrisk godstog settes til null av samme grunn som forklart under kapitlet on persontransport. Utslippsfaktorene for godstransport med jernbane er vist i Tabell 21.

*Tabell 21 Utslippsfaktorer for godstransport med jernbane (g/tonnkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>NM VOC</b>	<b>Partikler</b>
Dieseltog	69,3	0,057	0,872	0,234	0,004	0,101	0,100
Elektrisk tog	-	-	-	-	-	-	-

### **2.3. Godstransport på sjø**

For godstransport på sjø er det beregnet bruk av stykkgodsskip med 500-3000 brutto registertonn. Det er for denne type transport benyttet en energieffektivitet på 0,338 kWh/tonnkm som anslått av TØI (Thune-Larsen et- al, 1997).

Utslipp fra godstransport med stykkgodsskip er hentet fra TØI (ibid.) og vist i Tabell 22.

Tabell 22 Utslipp fra stykkgodsskip (g/tonnkm)

Transportmiddel	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Stykkgodsskip	91,00	0,24	2,15	0,06	0,01	0,06	0,03

## 2.4. Godstransport med fly

For transport av gods med fly er det benyttet gjennomsnittlige tall for energibruk og utslipp fra innenriks rutefly slik de framkommer hos Holtskog og Rypdal (1997). Energibruken er her oppgitt til 8,7 kWh/tonnkm. Utslippsfaktorene for innenriks rutefly er vist i Tabell 23.

Tabell 23 Utslipp fra innenriks rutefly (g/tonnkm)

Transportmiddel	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	NMVOC	Partikler
Innenriks rutefly	2290	0,26	6,62	5,62	0,07	1,01	0,29

### 3. Samfunnsøkonomiske kostnader ved utslippene

I dette kapittelet vil vi presentere og begrunne valg av faktorer som benyttes i databasen. Presentasjonen av bakgrunns materialet om miljøkostnader bygger blant annet på en tidligere studie som Vestlandsforskning gjennomførte for Oslo Sporveier i 1997-98.

Miljødatabasen beregner helse og miljø- kostnadene av utslipp til luft av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub> og partikler for de ulike transportene. En fastsetting av en eventuell helse og miljø- kostnad på netto direkte energibruk lar seg ikke gjøre. Dette kan imidlertid gjøres for brutto direkte energibruk i og med at *produksjonen* av energibærerne innebærer konsekvenser for helse og miljø. Dette ligger imidlertid utenom rammen av denne databasen, som kun omhandler netto direkte energibruk. Vi har derfor valgt å sette kostnaden for energi lik null.

Innledningsvis må det imidlertid understrekes at det er *stor usikkerhet* knyttet til alle de metodiske tilnærmingene til verdsetting av miljøgoder/miljøskader. Denne usikkerheten gjør seg gjeldende på alle nivåer. For det første er det betydelig usikkerhet i selve det teoretiske og metodiske grunnlaget. For det andre er det usikkerheter både om sammenhengene mellom utslipp og skader og om fastleggingen av de økonomiske verdiene for disse skadene. Disse usikkerhetene framkommer ved at det er store variasjoner i de verdiene ulike studier gir som resultat, uansett om disse knytter seg til samme eller forskjellige metodiske tilnærminger. Nedenfor skal vi gjennomgå resultatene fra flere slike studier. Det framgår at det for det samme skadeproblemet kan være variasjoner opp til 1000% i den økonomiske verdsettingen. Det understreker at alle slike tall må brukes med varsomhet. Bruken av disse bør avgrenses til å *illustrere forskjellene mellom alternative transportmåter*. De gir *ikke* et eksakt bilde av de absolutte miljøkostnadene som knytter seg til de enkelte transportmåtene.

Før vi drøfter kostnadsfaktorer for utslipp og ulykker benyttet i tidligere studier, er det naturlig å gi en kort omtale av de viktigste metodiske tilnærmingene som benyttes ved beregning av miljøkostnader.

#### 3.1. Metodiske tilnærminger ved beregning av miljøkostnader

Ved beregning av miljøkostnader kan det i hovedsak benyttes 4 ulike metodiske tilnærminger:

##### 1. Skadekostnadsmetoden

Omfatter beregninger av miljøkostnader basert på årsakssammenhenger mellom forurensningene og skadene (dose-respons) for de respektive miljøproblemene. Det står derved sentralt å finne sammenhengen mellom dose og respons, f.eks. mellom omfanget av NO<sub>x</sub>-utslipp og risikoen for helseskader som følge av utslippet. I tillegg må kostnadene ved f.eks. forverret helse fastsettes. Metoden er vanlig for verdsetting av eksterne effekter som støy og utslipp til luft (ECON, 1995; Miljøverndepartementet, 1995)

#### 2. *Betalingsvillighet - direkte metode*

Omfatter verdsetting av miljøgoder gjennom spørsmål til representative utvalg om maksimal betalingsvillighet for å hindre gitte miljøvirkninger. Individene spørres altså direkte om deres faktiske betalingsvilje for miljøgoder. Miljøendringene som verdsettes må også her baseres på dose-respons sammenhenger (Miljøverndepartementet, 1995)

#### 3. *Betalingsvillighet - indirekte metode*

Består i å utlede individenes betalingsvilje for miljøgoder gjennom observasjon av faktisk adferd. Det tas utgangspunkt i individenes adferd i markeder for et gode som er komplementært med det aktuelle miljøgodet. Endringer i omfang/tilgang på miljøgoder fører til endring i adferd i markeder for goder/tjenester som er assosiert med bruken av de respektive miljøgodene. På grunnlag av disse endringene kan en anslå bruksverdiene knyttet til miljøgodene (ECON 1995; Miljøverndepartementet, 1995)

#### 4. *Tiltakskostnadsmetoden*

Omfatter beregninger av kostnadene ved tiltak som kan anvendes for å motvirke at miljøskadene oppstår, eventuelt for å redusere f.eks. utslippene av forurensninger. Beregningene kan knyttes både til tiltak som faktisk anvendes og til potensielle/framtidige tiltak som er nødvendige f.eks. for å redusere miljøskadene/miljøbelastningene til et visst nivå. Dette nivået kan være rent politisk bestemt, eventuelt kan det være en naturfaglig bestemt *tålegrense*.

Innenfor rammen av disse hovedmetodiske tilnærmingene kan det anvendes flere ulike verdsettingsmetoder. F.eks. kan skadekostnader fastsettes av *ekspertpaneler*, ved at disse sitter sammen og bestemmer verdier for ulike miljøskader. Innenfor de direkte betalingsvillighetsmetodene kan det anvendes *betinget verdsettingsmetode* (Contingent Valuation Method) som innebærer at individenes betalingsvilje utledes gjennom å konstruere hypotetiske markeder (ECON, 1995)

*Miljøavgifter* er også en form for verdsetting. Delvis kan de knyttes til gruppen av indirekte betalingsvillighetsmetoder ved at de faktiske miljøavgiftene kan sies å gjenspeile samfunnets (den kollektive) betalingsvilje for miljøgoder. Men miljøavgifter kan dessuten knyttes til gruppen tiltakskostnadsmetoder, f.eks. når en størrelse på miljøavgiften fastsettes i forhold til

det som er nødvendig for å oppnå en bestemt reduksjon i miljøskadene/miljøbelastningene. F.eks. kan den CO<sub>2</sub>-avgiften som er nødvendig for å oppnå en bestemt reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslippene oppfattes som samfunnets samlede tiltakskostnad for å oppnå disse reduksjonene.

Den svenske *miljøgjeldsmetoden* kan også forstås som en form for tiltakskostnadsmetode. Begrepet *miljøgjeld* defineres som gjenopprettelseskostnader for miljøskader som er teknisk-økonomisk gjenopprettbare, samt størrelsen på den kapitalen som trengs for å betale tilbakevendende “reparasjonsinnsatser”. Det skilles mellom *langsiktig* og *kortsiktig* miljøgjeld. Den langsiktige beregnes for de miljøproblemene der skadene er overførbare på kommende generasjoner. Eksempler på slike miljøproblemer er globale klimaendringer og forsuring av jord og van. I den kortsiktige miljøgjelden inkluderes problemområder som støy og luftkvalitet i byer og tettsteder. I Sverige er det gjort slike beregninger både for landet som helhet og for en rekke kommuner (Jernlov, 1994; Agerström, 1997).

### 3.2. Kostnader ved utslipp av NO<sub>x</sub>

I tabell Tabell 24 summeres resultatene fra en rekke studier som har vurdert kostnadene ved utslipp av NO<sub>x</sub>.

Tabell 24 Anslag over kostnader av NO<sub>x</sub>-utslipp. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)

Studie	Helse	Miljø	Annet	I alt
SFT <sup>1)</sup>	330	1,2		331,2
SFT <sup>2)</sup>		60		
MD/SFT <sup>3)</sup>	330	0,35		330,35
TØI <sup>4)</sup>				5-60
TØI <sup>5)</sup>				200-600
SJ <sup>6)</sup>				40
Kågeson <sup>7)</sup>				40
UIC <sup>8)</sup>				30
Diverse studier <sup>9)</sup>				160-800

1) Tall brukt av SFT for å beregne nytten av reduksjoner i utslippene. Verdien for helseeffekter gjelder for utslipp fra veitrafikk i by. Denne verdien bygger på kostnadstall frambrakt av et ekspertpanel. Verdien for miljøeffekter gjelder også for utslipp fra veitrafikk. Den omfatter både forsurings- og marine eutrofiseringskader. Det viktigste kildegrunnlaget for disse skadene er betalingsvillighetsundersøkelser (Selvig, pers. medd.)

2) Anslag over tiltakskostnader ved å redusere NO<sub>x</sub>-utslippene med 30-50%. Verdien er knyttet til forsursingsrelaterte tiltakskostnader (Selvig, pers. medd.)



3) Tall gjengitt i St.meld.nr. 41 (95-95) knyttet til utslipp fra veitrafikk. Se ellers note 1 (Miljøverndepartementet, 1995).

4) Tall beregnet av oss basert på en studie av Transportmidlenes marginale kostnadsansvar. Omfatter helsekostnader ved utslipp fra veitrafikk i by. Den lave verdien knytter helsekostnadene til summen av utslippene av NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub> og VOC. Den høye verdien knytter dem bare til utslippene av NO<sub>x</sub> (Eriksen og Hovi, 1995)

5) Tall beregnet av oss basert på en betalingsvillighetsundersøkelse. Verdiene, med et høyt og et lavt anslag, knytter seg til utslipp fra veitrafikken i Oslo (Miljøverndepartementet, 1995)

6) Tilsvarende den kostnadsverdien som brukes av det svenske Statens Järnvägar i sammenlikningen av ulike transportmidler. Verdien er tatt direkte fra den miljøavgiften som de kommunale kraftvarmeverkene må betale. Statens Järnvägar hevder at dette bare omfatter forsøringskostnader. I den svenske politiske planleggingen brukes den samme verdien (Statens Järnvägar, 1996)

7) Tall brukt av Per Kågeson i en europeisk studie omkring eksterne kostnader fra transportsektoren. Tilsvarende en tiltakskostnad ved omfattende (mer enn 50%) reduksjoner av europeiske NO<sub>x</sub>-utslipp (Kågeson, 1993).

8) Tall beregnet av oss basert på en studie fra den internasjonale jernbaneunionen. Studien gir en oversikt over kostnader ved skader som skyldes trafikkulykker, støy, luftforurensning og klimaendringer. Luftforurensningene omfatter NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC og partikler (UIC, 1994)

9) Tall beregnet av oss basert på verdier brukt i en rekke nasjonale og internasjonale studier. Viktige norske kilder er:

- Sælensminde (1992)
- Brendemoen mfl. (1992)
- ECON (1995)
- Alfsen og Rosendahl (1996)
- Glomsrød mfl. (1996)

Vi kan nå presentere *våre anslag* på miljøkostnader for utslipp av NO<sub>x</sub> (Tabell 25). De er våre *beste estimater* utfra den ovenstående gjennomgangen av resultater fra andre studier.

Tabell 25 Kostnadsverdier for NO<sub>x</sub>-utslipp knyttet til transport. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)

Type effekt	Kostnad (kr/kg)
Helse	330
Miljø	70
Totalt	400

En total kostnadsverdi på NOK 400 pr. kg NO<sub>x</sub> omfatter både helse- og miljøeffekter. Miljøeffektene omfatter både forsørings- og eutrofiseringskader. Miljøkostnaden er her satt

lik en antatt tiltakskostnad for å redusere utslippene (70 kr/kg). Til sammenligning gir verdsetting av forsurnings- og eutrofiseringsskader basert på betalingsvillighetsundersøkelser svært lave verdier – så lave at de er uten betydning i sammenlikning med kostnadstallene for helseskader (jmfør Tabell 24). Anslag over tiltakskostander for å redusere utslippene/belastningene gir altså langt høyere tall. Vi forutsetter at disse gir et riktigere bilde av miljøkostnadene knyttet til utslipp av NO<sub>x</sub>.

Miljødatabasen skal benyttes til å beregne utslipp og kostnader for reiser mellom byer/tettsteder i Norge. Dette innebærer at mesteparten av utslippene vil skje utenom områder med tett befolkningskonsentrasjon. Utslippene antas derfor bare å ha miljøeffekter. Vi har derfor i databasen valgt å benytte en kostnadsfaktor på 70 kr/kg NO<sub>x</sub>.

### 3.3. Kostnader ved utslipp av CO<sub>2</sub>

Tabell 26 summerer resultatene fra en rekke studier som har vurdert kostnadene knyttet til utslipp av CO<sub>2</sub>. Det er i det vesentlige snakk om studier fra andre land.

Tabell 26 Anslag over kostnader av CO<sub>2</sub>-utslipp. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)

Studie	Næring	Miljø	Annet	I alt
TØI <sup>1)</sup>				0,4-1,03
SJ <sup>2)</sup>				0,35
Kågeson <sup>3)</sup>				0,34-0,83
UIC <sup>4)</sup>				0,67
Cline <sup>5)</sup>	0,05-0,15	0,01-0,03	0,04-0,12	0,10-0,30
Fankhauser <sup>6)</sup>	0,02-0,06	0,03-0,09	0,08-0,24	0,13-0,39
Nordhaus <sup>7)</sup>	0,02-0,06		0,08-0,24	0,10-0,30
IPCC <sup>8)</sup>				0,15-0,20
Jernelöv <sup>9)</sup>				0,04

1) Tall brukt i en studie av transportmidlenes kostnadsansvar. Begge tall er anslag for 1995/96. Det lave bygger på beregninger fra Miljøavgiftsutvalget med en CO<sub>2</sub>-avgift på NOK 0,65 pr. kg i år 2000 for å stabilisere utslippene på 89-nivå (lineær opptrapping fra CO<sub>2</sub>-avgift i 1989). Det høye tallet er et betalingsvillighetsalternativ som verdsetter CO<sub>2</sub>-kostnaden til NOK 1,03 pr. kg i 95/96 (Eriksen og Hovi, 1995).

2) Tilsvarende den kostnadsverdien som brukes av det svenske Statens Järnväger i sammenlikningen av ulike transportmidler. Det framholdes at den samme verdien brukes i den svenske politiske planleggingen. Den er likevel noe høyere enn den høyeste svenske CO<sub>2</sub>-avgiften. For bensin er den ca. 0,30 NOK/kg (Statens Järnväger, 1996). I sammenlikning er den norske CO<sub>2</sub>-avgiften for bensin 0,38 NOK/kg.

3) Tall brukt av Per Kågeson i en europeisk studie omkring eksterne kostnader fra transportsektoren. Tallene er gjort gjeldende for alle europeiske land. Det lave er et anslag for en nødvendig CO<sub>2</sub>-avgift i 1993. Det høye er et høyt anslag for CO<sub>2</sub>-avgiften 10 år seinere, dvs. i 2003. Det forutsettes da en fortløpende opptrapping av avgiften. Ifølge Kågeson vil en opptrapping i henhold til det høye anslaget ivareta en omfattende reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslippene, med ca. -25% innen år 2010 (da CO<sub>2</sub>-avgiften er ca. NOK 1,1 pr. kg) (Kågeson, 1993).

4) Tall beregnet av oss basert på en studie fra den internasjonale jernbaneunionen. Studien gir en oversikt over kostnader ved skader som skyldes trafikkulykker, støy, luftforurensning og klimaendringer. Tallet er et anslag over CO<sub>2</sub>-kostnadene i 93/94 (UIC, 1994)

5-7) Tall beregnet av oss basert på materiale fra 3 amerikanske studier. I disse beregnes skadepkostnadene pr. år i ulike sektorer av den amerikanske økonomien ved en fordobling av dagens CO<sub>2</sub>-konsentrasjon. Tallene gjelder altså som årlige kostnader fram mot år 2100 i 1999-priser. Det lave anslaget fordeler kostnadene på de amerikanske CO<sub>2</sub>-utslippene alene. Det høye fordeler dem på det utslippet USA skulle hatt hvis de var på et verdensgjennomsnitt i utslipp. Kilden for materialet fra de amerikanske studiene er Lundli (1996).

8) Tall beregnet av oss basert på anslag gjort av det internasjonale klimapanelet. På global basis anslås de samlede skadepkostnader til 1,5-2% av BNP. Som for de amerikanske studiene knytter dette seg til skadene ved en framtidig fordobling av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren. Tallene er beregnet i forhold til størrelsen på det globale BNP og de samlede årlige CO<sub>2</sub>-utslippene (IPCC, 1997).

9) Tall brukt av Prof. Arne Jerneløv i hans beregninger av den svenske "miljøgjelden". Det tilsvarer kostnadene ved å binde CO<sub>2</sub>-utslippene ved å plante skog. Jerneløv understreker at det er et lavt anslag ettersom det bare omfatter de mest kostnadseffektive tiltakene. Vi ser likevel at tallet tilsvarer bare ca. 1/10 av den nåværende svenske CO<sub>2</sub>-avgiften på bensin (Jerneløv, 1994). I en senere beregning av "miljøgjeld" for svenske kommuner brukes det like fullt en enda lavere kostnad, ca. 0,03 NOK/kg (Agerström mfl., 1997)

De verdiene som brukes i databasen framgår av Tabell 27.

*Tabell 27 Kostnadsverdier for CO<sub>2</sub> -utslipp knyttet til transport. Tall i NOK/kg (ca. 1999-kroner)*

Utslippskategori	1996
Alle	0,35

Ved å benytte enhetskostnaden på 0,35 kr/kg CO<sub>2</sub> har vi tatt hensyn til usikkerheten som ligger i de ulike anslagene og holdt oss til et nivå som ligger nær dagens CO<sub>2</sub> avgift på bensin i Norge og Sverige. Dette er nivå som i senere tid er blitt brukt både i nasjonale og internasjonale studier.

### **3.4. Kostnader ved utslipp av NMVOC og SO<sub>2</sub>**

Det er benyttet estimerer gjort av TØI (Hagen og Putz, 1999) for enhetskostnader på NMVOC og SO<sub>2</sub>. Disse er på 35 og 17 kr/kg for henholdsvis NMVOC og SO<sub>2</sub>.

### 3.5. Kostnader ved utslipp av CO og CH<sub>4</sub>

For CO og CH<sub>4</sub> er kostnadsestimatene hentet fra Eyre et. al (1996). De estimerte kostnadene omfatter kun kostnader forbundet med utslippenes klimapåvirkning. De er på 0,1 og 0,9 kr/kg for henholdsvis CO og CH<sub>4</sub>. For CH<sub>4</sub> er dette en mye lavere enhetskostnad enn hvis en miljøavgiftstilnærming hadde vært lagt til grunn. Da ville kostnaden vært på 5,46 kr/kg (Jfr. St. prop. om grønne skatter).

### 3.6. Kostnader ved utslipp av partikler

Beregningen av partikkelutslipp i denne rapporten er basert på *massen* til partiklene. Det er imidlertid sannsynlig at en beregning basert på *antall* partikler ville gi bedre korrelasjon med helseeffekter. Det har p.g.a. strengere avgasskrav til dieselmotorer skjedd store reduksjoner i den totale partikkelmassen som slippes ut. Nyere studier viser imidlertid at enkelte lavutslippsmotorer slipper ut mye høyere konsentrasjoner av nanopartikler enn eldre typer motorer (Kittelson, 1998). Mange nyere undersøkelser viser at ved de samme massekonsentrasjonene, gir nanopartikler større helsekader enn mikropartikler. Dette innebærer at ved å benytte massebaserte kostnadsberegninger vil man *underestimere* kostnadene forbundet med partikkelutslipp, sammenlignet ved å la beregningene være antallbaserte. Usikkerhetene i antallbaserte målinger er imidlertid for stor til at slike data kan benyttes som beregningsgrunnlag.

Beregningene av kostnader er basert på utslipp av *total partikkelmasse*. Vi har ikke beregnet kostnadene av de *individuelle helseskadelige komponentene* partiklene består av. Dette innebærer at partiklenes innhold av PAH, nitro-PAH, asbest, tungmetaller og andre miljø- og helseskadelige stoffer ikke er inkludert i beregningene.

I prissettingen av partikkel-utslipp har vi lagt en skadekostnadstilnærming til grunn. For fastsettelse av enhetskostnad har vi benyttet som utgangspunkt beregninger utført av SSB (Rosendahl, 1998). Sosiale kostnader forbundet med partikkelutslipp er her beregnet å innebære en årlig kostnad på 2020 kr/kg PM<sub>10</sub>. Disse kostnadene er det vesentlige knyttet til økt dødelighet og helseskader i byer, hvorav det økte innslaget av kroniske lungesykdommer utgjør mesteparten.

Kostnadene forbundet med økt dødelighet som følge av *langvarig partikkelforurensing i byer* er også beregnet av Rosendahl (1998). Dette er gjort ved å vurdere hvilken effekt på økonomien det har at personer i arbeidsstyrken dør før de når pensjonsalder. Disse

kostnadene er her beregnet til 30 kr i tillegg per kilo  $PM_{10}$ . Her er det imidlertid ikke tatt med sykdomsperioden i forkant av dødstidspunktet, som trolig kan være av enda større betydning.

Miljødatabasen skal imidlertid benyttes til å beregne kostnader for reiser mellom byer og tettsteder i Norge. Dette innebærer at mesteparten av utslippene vil skje utenom områder med tett befolkningskonsentrasjon. Utslippene av partikler antas derfor å ha langt lavere kostnadsenhet enn i byer. Eyre et. al (1996) benytter en faktor på 6,4 mellom by og land. Dette ville gi en enhetskostnad på partikler på 320 kr/kg direkte overført til norske forhold. Ved å ta norske forhold i betraktning, og å ta hensyn til at TØI (Hagen og Putz, 1999) setter land-kostnaden for partikler til null, finner vi det riktig i databasen å benytte en estimert kostnadsfaktor på 60 kr/kg partikler.

## 4. Ulykkesrisiko

Risiko for personulykker ved de ulike transportalternativene er beregnet ved å benytte tall fra TØI (Elvik, personlig meddelelse 1999) for risiko for å omkomme som reisende. Risikofaktorene som er benyttet i miljødatabasen er vist i Tabell 28.

*Tabell 28 Risiko for å omkomme som reisende med ulike transportmidler i Norge 1994-1998 (antall omkomne per million personkm)*

<b>Transportmiddel</b>	<b>Risiko</b>
Personbil	0,00427
Buss	0,00076
Fly	0,00130
Tog	0,00017

Tall for ulykkesrisiko for den del av veg-alternativene som utgjøres av transport med bilferge er ikke tilgjengelig slik at denne risiko er satt til null.



## Referanser

### 4.1.Litteratur

Agerström, M (1997): *Miljöskuld och Miljökapital i Halmstad kommun*. Stockholm: EAL Miljökapital AB.

Alfsen, K.H., Rosendahl, K.E. (1996): *Economic Damage of Air Pollution*. Documents 96/17. Oslo: Statistisk Sentralbyrå.

Andersen, O. (1998): *Svevestøv fra persontransport i Oslo. En beregning av mengder og kostnader*. VF-Rapport 14/98. Vestlandsforskning, Sogndal.

Andersen, O. (1999): *Transportalternativer Oslo-Bergen. Energibruk, utslipp til luft og risiko for ulykker ved ulike former for gods- og persontransport*. VF-Notat 4/99. Vestlandsforskning, Sogndal.

Andersen, O., O. Uusitalo, P. Ahlvik, H. Hjortsberg, K. Groven and E. Brendehaug (1999): *Energy in transport of goods. Nordic examples. A report from Phase 1 of the European Commission SAVE -project XVII/4.1031/Z/97-229: "Energy saving in transport of goods – a pilot project in rural natural resource based industries"*. VF-Rapport 6/99. Vestlandsforskning, Sogndal.

Brendemoen, A. m.fl. (1992): *Miljøkostnader i makroperspektiv*. SSB Rapport 92/17. Oslo: Statistisk Sentralbyrå

Braathens (1999). *Braathens årsberetning 1998*. Oslo: Braathens.

Eyre, N.J., E. Ozdemiroglu, D.W. Pearce and P. Steele (1996): *Damage costs of transport emissions: Geographical and fuel dependence*. CSERGE Working Paper WM 96-02. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. University of East Anglia, Norwich, UK.

ECON (1995): *De norske kjøretøyavgiftene*. Rapport 124/95. Oslo: ECON Analyse, Senter for økonomisk analyse.

Eriksen, K.S., Hovi, Z.B. (1995): *Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*. TØI notat 1019/1995. Oslo: TØI.

Foster, P. and K.P. Shine (1997). "Radiative forcing and temperature trends from stratospheric ozone changes." In *Journal of Geophysical Research*, No 102, pp 841-855.

Fuglestad, J.S., I. Isaksen og W.-C. Wang (1996). "Estimates of indirect global warming potentials for CH<sub>4</sub>, CO and NO<sub>x</sub>." In *Climate Change*, 34, pp. 405-437.



- Glomsrød, S. mfl. (1996): *Integrering av miljøkostnader i makroøkonomiske modeller*. SSB rapport 96/23. Oslo: Statistisk Sentralbyrå.
- Hagen, K.-E. og O.K. Putz (1999): *Miljøkostnader knyttet til bruk av ulike transportmidler på utvalgte relasjoner*. Arbeidsdokument av 19. Mars 1999. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Holtskog, S. og K.Rypdal (1997): *Energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge*. Rapport 97/7. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Høyer, K.G. og E. Heiberg (1993): *Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Direkte og indirekte energibruk og miljøkonsekvenser ved ulike transportmidler*. VF-Rapport 1/93. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Høyer, K.G. (1993). *Widerøe fly. Miljøkonsekvenser i luft og på bakken*. VF-rapport 3/93. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (1999). *Aviation and the Global Atmosphere. A Special Report of Working Group I and III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Jernelöv, A. (1994): *Miljöskuld och miljökapital i Uppsala Kommun*. Rapport 1994:3. Stockholm: Miljöårsberedningen.
- Kittelson, D.B. (1998): *Engines and nanoparticles: A review*. J. Aerosol Sci. Vol. 29, No. 5/6, pp. 575-588.
- Kågeson, P. (1993): *Getting The Prices Right - A European Scheme for Making Transport Pay its True Costs*. Brussels: European Federation for Transport and Environment.
- Lundli, H.E., K.G. Høyer og E. Holden (1998): *Transportscenarier for Oslo. Grunnlagsnotat*. VF-notat 5/98. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Lundli, H.E. (1996): *The Politics of Ozone Depletion and Climate Change: Sources of Success and Failure*. Cand.polit. Thesis in Political Science. Trondheim, NTNU.
- Lundli, H.E., S.E. Vestby og K.G. Høyer (1999): *Fly og miljø*. VF-Rapport 9/99. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Miljøverndepartementet (1995): *Om norsk politikk mot klimaendringer og utslipp av nitrogenoksider (Nox)*. St.meld. nr. 41 (1994-95). Oslo Dep.
- NSB BA (1997): *Jernbanestatistikk 1997*. NSB BA, Fellestjenester/Statistikk, Prinsensgt. 7-9, 0048 Oslo.
- Ponater, M.R. et al. (1998). *Climatic effect of ozone changes caused by present and future air traffic*. DLR-Intitut für Physik der Atmosphäre, Report 103.

Rosendahl, K.E. (1998): *Social costs of air pollution and fossil fuel use – A macroeconomic approach*. Social and Economic Studies 99, Statistisk Sentralbyrå, Oslo.

Rind, D. et al. (1996). “Climatic effect of water vapor release in the upper troposphere”. In *Journal of Geophysical Research*, No 101.

Rypdal, K. og B. Tornsjø (1997). *Utslipp til luft fra norsk luftfart*. Oslo: Statistisk sentralbyrå. Rapport nr. 20.

SAS (1999). *Miljørapport 1998*. Stockholm: SAS

Statens Järnvägar (1996): *SJ Miljödataprogram*. Stockholm: Statens Järnvägar.

Sælensminde, K. (1992): *Miljøkostnader av vegtrafikk i byområder*. TØI rapport 115/1992. Oslo: TØI.

Thune-Larsen, H. (1997): *Energieffektivitet og utslipp i transport*. TØI-notat 1078/1997, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

UIC (1994): *External effects of transport*. Paris: Union Internationale des Chemins de Fer.

Wang, W.-C. et al. (1995). “Atmospheric ozone as a climate gas.” In *Atmospheric Research*, No 37, pp. 247-256.

## **4.2. Personlige meddelelser**

Selvig, Eivind (Statens forurensningstilsyn)