



Vestlandsforskning

Boks 163, 6851 Sogndal

Tlf. 57 67 61 50

Internett: www.vestforsk.no

VF-notat 15/2006

Transport, miljø og kostnader

Oppdatering av database for energibruk, utslipp til luft, samfunnsøkonomiske kostnader og ulykkesrisiko ved persontransport

Av

Otto Andersen

VF notat

Notat tittel: Transport, miljø og kostnader. Oppdatering av database for energibruk, utslipp til luft, samfunnsøkonomiske kostnader og ulykkesrisiko for persontransport.		Notatnr: 15/06
		Dato: November 2006
		Gradering: Åpen
Prosjekttittel: Oppdatering av database ”Transport, miljø og kostnader”	Tal sider: 60	
Forskarar: Otto Andersen	Prosjektansvarleg: Carlo Aall	
Oppdragsgjevar: NSB BA	Emneord: Persontransport, brutto direkte energibruk, luftforurensning, ulykkesrisiko, samfunnsøkonomiske kostnader	
Samandrag: Notatet presenterer oppdatert materiale som inngår i en database for sammenligning av ulike transportalternativer med hensyn til energibruk, utslipp, kostnader og risiko for ulykker. Notatet er begrenset til persontransport, og omfatter således ikke transport av gods. Ulike transportmåter på vei, fly- og jernbane inkludert i databasen. I databasen gjøres det en tallfesting av brutto direkte energibruk, utslipp av CO ₂ , NO _x , CO, NMVOC, partikler, SO ₂ og CH ₄ 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 ulykkeskostnader og ulykkesrisiko ved de ulike alternativene for persontransport. Bakgrunn for valg av oppdaterte faktorer for energibruk, utslipp, kostnadsberegning og ulykkesrisiko blir presentert i notatet.		
Andre publikasjoner frå projektet:		
ISBN nr: ISSN: 0804-8835	Pris : Kr 100,-	

Forord

Dette er rapporten fra et oppdrag finansiert av NSB BA.

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

Notatet bygger i hovedsak på et tidligere notat fra Vestlandsforskning utgitt i forbindelse med kvalitetssikring av databasen ”Transport, miljø og kostnader” (Andersen, 2001).

I tillegg er det inkludert materiale om utslipp fra brutto direkte energibruk.

Otto Andersen har vært ansvarlig for gjennomføringen av arbeidet.

Carlo Aall har vært faglig hovedansvarlig.

Sogndal, november 2006
Carlo Aall

Innhold

1. INNLEDNING.....	1
2. DIREKTE ENERGIBRUK OG UTSLIPP FRA PERSONTRANSPORT	2
2.1. PERSONTRANSPORT PÅ VEI	2
<i>Normalbelegg for tilslutning ved persontransport på vei</i>	<i>2</i>
<i>Normalbelegg for hovedreisen ved persontransport på vei</i>	<i>2</i>
<i>Energibruk for tilslutning ved persontransport på vei.....</i>	<i>3</i>
<i>Utslipp for tilslutning ved persontransport på vei</i>	<i>3</i>
<i>Energibruk for hovedreisen ved persontransport på vei.....</i>	<i>4</i>
<i>Utslipp for hovedreisen ved persontransport på vei</i>	<i>5</i>
<i>Persontransport med bilferger</i>	<i>6</i>
2.2. PERSONTRANSPORT MED JERNBANE	7
<i>Normalbelegg for persontransport med jernbane.....</i>	<i>7</i>
<i>Energibruk for persontransport med jernbane</i>	<i>8</i>
<i>Direkte utslipp fra persontransport med jernbane.....</i>	<i>8</i>
2.3. PERSONTRANSPORT MED FLY	10
<i>Valg av flytyper som inngår i databasen.....</i>	<i>10</i>
<i>Utfløyet distanse.....</i>	<i>10</i>
<i>Kapasitetsutnyttning.....</i>	<i>12</i>
<i>Beregninger av energibruk og utslipp.....</i>	<i>12</i>
<i>Virkning av utslipp i høyere luftlag.....</i>	<i>16</i>
3. BRUTTO DIREKTE ENERGIBRUK OG UTSLIPP	18
3.1. PERSONTRANSPORT PÅ VEI	18
<i>Personbiler.....</i>	<i>18</i>
<i>Buss.....</i>	<i>19</i>
<i>Persontransport med bilferger.....</i>	<i>21</i>
3.2. PERSONTRANSPORT MED JERNBANE	22
3.3. PERSONTRANSPORT MED FLY	25
4. SAMFUNNSØKONOMISKE KOSTNADER VED UTSLIPPENE	28
4.1. METODISKE TILNÆRMINGER VED BEREGNING AV MILJØKOSTNADER	29
4.2. KOSTNADER VED UTSLIPP AV NO _x	31
4.3. KOSTNADER VED UTSLIPP AV CO ₂	33
4.4. KOSTNADER VED UTSLIPP AV NMVOC OG SO ₂	34
4.5. KOSTNADER VED UTSLIPP AV CO OG CH ₄	34
4.6. KOSTNADER VED UTSLIPP AV PARTIKLER	34
4.7. OPPSUMMERING AV FAKTORER FOR MILJØKOSTNADER	36
5. ULYKKESKOSTNADER.....	37
6. ULYKKESRISIKO.....	38
6.1. ULYKKESRISIKO VED VEITRANSPORT	39

	<i>Ulykkesrisiko for personbil og drosje</i>	39
	<i>Ulykkesrisiko for buss</i>	41
6.2.	ULYKKESRISIKO VED LUFTRANSPORT	43
6.3.	ULYKKESRISIKO VED JERNBANETRANSPORT	47
6.4.	OPPSUMMERING AV FAKTORER FOR ULYKKESRISIKO	50
7.	REFERANSER	51
7.1.	LITTERATUR	51
7.2.	INTERNET	54
7.3.	PERSONLIGE MEDDELELSER.....	55

Liste over tabeller

Tabell 1	Normalbelegg for persontransport på vei	3
Tabell 2	Direkte energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for tilslutning ved persontransport på vei	4
Tabell 3	Direkte energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for hovedreisen ved persontransport på vei	6
Tabell 4	Direkte energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for personbil- og bussalternativenes tilslutning med ferger	6
Tabell 5	Direkte energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for persontransport med jernbane	9
Tabell 6	Flydistanser mellom de 4 største byene i Norge	11
Tabell 7	Noen utvalgte flydistanser mellom flyplasser i Nord-Norge og Sør-Norge	11
Tabell 8	Beleggsprosent for flyvninger med SAS, Braathens og Widerøe	12
Tabell 9	Flyvesyklus for en 400 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly	13
Tabell 10	Flyvesyklus for en 950 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly	13
Tabell 11	Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 400 km	14
Tabell 12	Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 950 km	15
Tabell 13	Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med Dash 8-100. Gjennomsnitt for flyvninger gjennomført med Widerøe i 1997.	16
Tabell 14	Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for tilslutning ved persontransport på vei	20
Tabell 15	Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for hovedreisen ved persontransport på vei	21
Tabell 16	Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for personbil- og bussalternativenes tilslutning med ferger	22
Tabell 17	Importert og forbrukt elektrisitet 1996-2005 (GWh)	22

Tabell 18 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for transport med jernbane.....	24
Tabell 19 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 400 km.	26
Tabell 20 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 950 km.	27
Tabell 21 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med Dash 8-100.	28
Tabell 22 Kostnadsfaktorer for utslippskomponentene	36
Tabell 23 Ulykkeskostnadsfaktorene for persontransport	37
Tabell 24 Personer drept i personbilulykker 1990-2004.	39
Tabell 25 Transportarbeide for personbil i Norge 1990-2004 (milliard personkm)..	40
Tabell 26 Beregning av egenrisiko for å omkomme med personbil.....	40
Tabell 27 Drepte førere og passasjerer i buss 1990-2004.....	41
Tabell 28 Transportarbeide for buss i Norge 1990-2004 (milliard personkm)	42
Tabell 29 Beregning av egenrisiko for buss	43
Tabell 30 Persontransportarbeidet for innenriks ruteflyvninger i perioden 1990-2004 (milliard passasjerkm).....	46
Tabell 31 Beregning av passasjerers risiko for å omkomme ved luftfartsulykker med innenriks ruteflyvninger, 1990-2004	47
Tabell 32 Antall drepte passasjerer ved ulykker med tog i Norge 1990-2004	48
Tabell 33 Persontransportarbeide for jernbane i Norge 1990-2004 (milliard personkm)	49
Tabell 34 Beregning av passasjerers ulykkesrisiko ved tog	49
Tabell 35 Ulykkesrisiko for ulike transportmiddel.....	50

1. Innledning

Vestlandsforskning har tidligere kvalitetssikret og videreutviklet en database for sammenlikning av ulike transportformer brukt i transport i Norge. I databasen inngår energibruk, utslipp av de vanligste forurensingskomponentene fra transportformene, beregning av samfunnsmessige kostnader av utslippene, ulykkeskostnader, og for persontransport også ulykkesrisiko ved de ulike transportformene.

For denne typen sammenlikninger av transportformer er det helt avgjørende at det velges systemgrenser og faktorer for mest mulig sammenliknbare forhold. Så vel elektrisitet som bensin og diesel er energibærere. For å bringe energibærerne fram til sluttbruksleddene – dvs. transportmidlene – trengs det i begge tilfelle et produksjons- og overførings-, eller leveransesystem. Disse systemene gir i begge tilfelle energitap og miljøproblemer (bl.a. utslipp av luftforurensninger). Systemgrensen for energibærere i denne databasen var tidligere satt ved energibruk til transportmidlenes framdrift, det var med andre ord kun den direkte energibruken det gjøres sammenlikning av i databasen. I den nye versjonen er imidlertid systemgrensen utvidet for samtlige persontransportsystem. Utslipp fra energibærernes produksjon og distribusjon (brutto direkte utslipp og energibruk) er inkludert i databasen. Det er således for eksempel tatt med overføringstap i elektrisitetssystemene. Utslipp fra produksjon og vedlikehold av transportmidlene og deres infrastruktur (indirekte utslipp og energibruk) er derimot ikke tatt med. Det er tatt hensyn til at en del av elektrisiteten er importert, og en andel av denne er produsert ved danske kullkraftverk. Tilsvarende er det også for bensin- og dieseldrevne transportmidler inkludert utslipp fra oljeplattformer og oljeraffinerier samt transport av oljeproduktene.

Faktorene for ulykkesrisiko er basert på 15-års statistikk for ulykker hvor passasjerer med de ulike transportsystemer er omkommet. Ulykkesstatistikken er oppdatert med tall fram til og med år 2004. Det blir i notatet gitt en oppdatert oversikt over tilgjengelig statistikk for ulykkesrisiko ved de ulike alternativene for persontransport. Det er lagt spesiell vekt på å vise svakheter i materialet som gjør at det må taes forbehold ved sammenlikning av ulike transportsystemers ulykkesrisiko.

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 de påfølgende kapitler.

2. Direkte energibruk og utslipp fra persontransport

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

2.1. Persontransport på vei

For persontransport på vei omfatter databasen privatbil, drosje og ekspressbuss. Både for tilslutning og for hovedreisen er det benyttet tall fra Opplysningsrådet for Veitrafikken om at 12,3 % av personbilbestanden utgjøres av dieseldrevne biler og 87,7 % av bensindrevne. Det tilsvarende anslag for drosjer brukt ved tilslutning er 83,5 % dieseldrevne og 16,5 % bensindrevne.

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 har benyttet som gjennomsnitt for persontransporten med bil i Oslo (Sataøen, 2006). Som normalbelegg for drosje ved tilslutning er det brukt en faktor på 1,3 passasjerer per kjøretøy (Ibid.). For buss som tilslutningsalternativ er det benyttet et normalbelegg på 36 %, som tilsvarer flybusser (Ibid.) med et gjennomsnittet på 50 seter (Flybussen, pers. meddel.). Vi har ikke funnet det riktig å benytte data fra bybusser som grunnlag for tilslutning med buss, ettersom det i stor grad 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 vi tidligere har brukt (Andersen, 2001). Dette innebærer et belegg på 2,2 personer per kjøretøy. I databasen er det valgt også å inkludere drosje som et aktuelt valg for hovedreisen. Det er benyttet et normalbelegg på 1,5 passasjerer per drosje. For buss er det benyttet det samme normalbelegget på 36 % som for ekspressbusser (Sataøen, 2006) med 50 seter.

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	1,5
Buss	Prosent	36	36

Energibruk for tilslutning ved persontransport på vei

For personbil som tilslutning benyttes en faktor for energibruk på 0,54 kWh per personkm, som tilsvarer det vi har beregnet for Oslo i 2005 (Sataøen, 2006). For drosjer er det benyttet 72 kWh/vkm for bensindrevne 45 kWh/vkm for dieseldrevne (Ibid.). Dette gir et gjennomsnitt på 0,50 kWh per vkm og 0,38 kWh per personkm. Energibruksfaktoren for tilslutning med buss er satt til gjennomsnittet for lange reiser med ekspressbuss, igjen fordi det i stor grad er dedikerte flybusser som er det aktuelle valg for slike reiser. Bussfaktoren er 0,21 kWh per personkm (Ibid.). Energibruks-faktorer for tilslutning for persontransport på vei er vist summarisk i Tabell 2.

Utslipp for tilslutning ved persontransport på vei

Det er for utslippene av NO_x, CO₂ og PM fra personbiler og drosjer ved tilslutning er det benyttet faktorer fra Sataøen (2006).

For tilsvarende faktorer for utslipp av CO, CH₄ og NMVOC fra personbiler og drosjer er det benyttet som grunnlag faktorer fra SFTs oppdaterte utslippsrapport (Bang et al., 1999). Det er imidlertid for disse benyttet alderskategori som energibruksberegningene i Sataøen (2006). Dette er basert på at personbiler med bensinmotor er i gjennomsnitt 9,3 år gamle og personbiler med dieselmotor er i gjennomsnitt 4,1 år gamle. Derfor er det valgt å bruke faktoren for bensindrevne biler produsert i perioden 1995-1996, samt faktoren for dieseldrevne biler produsert i perioden 1997-2000, ettersom dette best harmonerer med gjennomsnittsalderen for de respektive biltypene. Drosjer med bensinmotor er i gjennomsnitt 4,4 år gamle, mens drosjer med dieselmotor er 2,9 år gamle. For drosjer er det derfor benyttet faktorer for biler produsert i perioden 2001-2004. Kjøremodus "bykjøring 30-50 km/t" er benyttet.

Faktorer for utslipp av SO₂ fra personbiler og drosjer ved tilslutning er beregnet ut fra data fra SSB (Pers. meddel. Flugsrud, 2006), med samme andel diesel og kjøremodus som ovenfor.

SSB faktorene er basert på landsgjennomsnitt, så SO₂ utslippene er justert slik at de er i samsvar med forskjellene mellom energibruk mellom tilslutning og lange reiser.

For tilslutning med buss er utslippsfaktorer for CO₂ beregnet ut fra energibruksfaktoren på 0,21 kWh per personkm utledet ovenfor. Med 11,76 kWh/kg diesel og 3,15 kg CO₂/kg diesel gir dette 56 g CO₂/pkm. Faktorene for NO_x og PM er også fra Sataøen (2006), mens tilsvarende faktorer for CO, CH₄, NMVOC er fra SSB (Bang et. al, 1999) med kjøremodus 60-70 km/t for EURO 3.

Faktorer for utslipp av SO₂ fra buss ved tilslutning er beregnet ut fra data fra SSB (Pers. meddel. Flugsrud, 2006), med samme kjøremodus som ovenfor. SSB faktorene er basert på landsgjennomsnitt, så SO₂ utslippene er justert slik at de er i samsvar med forskjellene mellom energibruk mellom tilslutning og landsgjennomsnitt.

Utslippsfaktorene for tilslutning ved persontransport på vei er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Direkte energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for tilslutning ved persontransport på vei

Transport-middel	Belegg (personer/bil, passasjerer/drosje, % av bussens seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Personbil	1	0,864	226	0,0150	0,635	1,027	0,0112	0,088	0,214
	1,6 (normal-belegg)	0,540	141	0,0094	0,397	0,642	0,0070	0,055	0,134
	2	0,432	113	0,0075	0,318	0,514	0,0056	0,044	0,107
	3	0,288	75	0,0050	0,212	0,342	0,0037	0,029	0,071
	4	0,216	56	0,0038	0,159	0,257	0,0028	0,022	0,054
Drosje	1	0,500	172	0,0065	0,307	0,387	0,0023	0,040	0,237
	1,3 (normalbelegg)	0,380	132	0,0050	0,236	0,298	0,0018	0,031	0,182
	2	0,250	86	0,0033	0,153	0,194	0,0012	0,020	0,118
	3	0,167	57	0,0022	0,102	0,129	0,0008	0,013	0,079
	4	0,125	43	0,0016	0,077	0,097	0,0006	0,010	0,059
Buss	25	0,302	81	0,0052	0,750	0,054	0,0010	0,026	0,051
	36 (normalbelegg)	0,210	56	0,0036	0,521	0,038	0,0007	0,018	0,036
	50	0,151	41	0,0026	0,375	0,027	0,0005	0,013	0,026
	100	0,076	20	0,0013	0,187	0,014	0,0003	0,006	0,013

Energibruk for hovedreisen ved persontransport på vei

For personbil og drosje som benyttes på hovedtransportstrekningen benyttes en gjennomsnittsfaktor for energibruk på 0,25 kWh per personkm fra (Bang et al., 1999).

Samme forutsetninger om alderssammensetning for biler og drosjer som under avsnittet om energibruk for tilslutning er benyttet. For hovedreisen med personbil og drosje er det benyttet gjennomsnittet for de to kjørekategoriene landeveiskjøring (50-70 km/t) og landeveis-motorveikjøring (80-90 km/t).

For buss benyttes energibruksfaktoren fra (Bang et al., 1999), med kjøremodus landeveis-motorveikjøring (70-80 km/t) for EURO 3. Energibruks-faktorer for hovedreisen for persontransport på vei er vist i Tabell 3.

Utslipp for hovedreisen ved persontransport på vei

Det er for eksosutslippene av CO, CH₄, NMVOC, NO_x, CO₂ og PM fra personbiler og drosjer på hovedreisen benyttet faktorer fra SFTs oppdaterte utslippsrapport (Bang et al., 1999). For PM kommer i tillegg bidragene fra slitasje av veidekke, dekk, bremses og clutch, basert på Andersen (1998). For dette tillegget er det benyttet en forutsetning om lineær endring mellom 1996 og 2016.

Samme forutsetninger om alderssammensetning for biler og drosjer som under avsnittet om utslipp ved tilslutning er benyttet. Samme forutsetning om kjøremønster for biler og drosjer som under avsnittet om energibruk for hovedreisen er benyttet.

Faktorer for utslipp av SO₂ fra personbiler og drosjer ved hovedreisen er beregnet ut fra data fra SSB (Pers. meddel. Flugsrud, 2006), med samme andel diesel og kjøremodus som ovenfor i avsnittet om energibruk fra hovedreisen. SSB faktorene er basert på landsgjennomsnitt, så SO₂ utslippene er justert slik at de er i samsvar med forskjellene mellom energibruk mellom tilslutning og hovedreisen.

Faktorer for eksosutslippene av CO, CH₄, NMVOC, NO_x, CO₂ og PM fra hovedreisen med buss er fra (Bang et al., 1999), med kjøremodus landeveis-motorveikjøring (70-80 km/t) for EURO 3. For PM kommer i tillegg bidragene fra slitasje av veidekke, dekk, bremses og clutch, basert på Andersen (1998). For dette tillegget er det benyttet en forutsetning om lineær endring mellom 1996 og 2016.

Faktor for utslipp av SO₂ fra buss for hovedreisen er basert på SSB (pers. meddel. Flugsrud, 2006) men justert som slik at de er i samsvar med forskjellene mellom energibruk mellom landsgjennomsnitt og hovedreisen.

Direkte utslippsfaktorer for hovedreisen ved persontransport på vei er vist i Tabell 3.

Tabell 3 Direkte energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for hovedreisen ved persontransport på vei

Transport-middel	Belegg (personer/bil, % av bussens seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Personbil	1	0,563	152	0,0100	0,165	0,642	0,0050	0,044	0,168
	2	0,282	76	0,0050	0,083	0,321	0,0025	0,022	0,084
	2,2 (normal-belegg)	0,256	69	0,0045	0,075	0,292	0,0023	0,020	0,076
	3	0,188	51	0,0033	0,055	0,214	0,0017	0,015	0,056
	4	0,141	38	0,0025	0,041	0,161	0,0013	0,011	0,042
Drosje	1	0,468	125	0,0061	0,140	0,176	0,0012	0,020	0,161
	1,5 (normalbelegg)	0,312	83	0,0041	0,093	0,117	0,0008	0,013	0,107
	2	0,234	62	0,0031	0,070	0,088	0,0006	0,010	0,081
	3	0,156	42	0,0020	0,047	0,059	0,0004	0,007	0,054
	4	0,117	31	0,0015	0,035	0,044	0,0003	0,005	0,040
Buss	25	0,183	49	0,0029	1,600	0,153	0,0032	0,072	0,058
	36 (normalbelegg)	0,127	34	0,0020	1,111	0,106	0,0022	0,050	0,040
	50	0,091	24	0,0014	0,800	0,076	0,0016	0,036	0,029
	100	0,046	12	0,0007	0,400	0,038	0,0008	0,018	0,014

Persontransport med bilferger

I databasen er det mulig å legge inn fergestrekninger som en tilknytning til hovedreisen for den delen av personbil- og bussalternativene som utgjøres av bilferge. Faktorene for direkte energibruk og utslipp fra ferger er fra vurderinger i tidligere analyser gjort av Vestlandsforskning (Høyer, 1992). De gjennomsnittlige direkte energibruks- og utslippsfaktorene for den delen av personbil- og bussalternativene som utgjøres av fergetransport er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Direkte energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for personbil- og bussalternativenes tilslutning med ferge

Transport-middel	Belegg (personer/bil, % av bussens seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Bilferge (bil)	1	7,61	2037	1,41	32,1	1,94	0,154	1,76	0,330
	2	3,46	926	0,64	14,6	0,88	0,070	0,80	0,150
	2,2 (normalbelegg)	3,81	1019	0,70	16,1	0,97	0,077	0,88	0,165
	3	2,28	611	0,42	9,6	0,58	0,046	0,53	0,099
	4	1,90	509	0,35	8,0	0,48	0,039	0,44	0,083
Bilferge (buss)	25	6,92	1852	1,28	29,2	1,76	0,140	1,60	0,300
	36 (normalbelegg)	4,81	1286	0,89	20,3	1,22	0,097	1,11	0,208
	50	3,46	926	0,64	14,6	0,88	0,070	0,80	0,150
	100	1,73	463	0,32	7,3	0,44	0,035	0,40	0,075

2.2. Persontransport med jernbane

For persontransport med jernbane omfatter databasen 7 tog-kategorier:

1. **Elektrisk lokaltog**
2. **Elektrisk InterCity / regiontog**
3. **Flytoget**
4. **Elektrisk fjerntog**
5. **Elektrisk nattog**
6. **Dieseltog** (lok+vogner)
7. **Diesel-krengetog** (type 92 og 93).

Det blir i dette avsnittet redegjort for valg av faktorer for normalbelegg, energibruk og utslipp for persontransport med de ulike togtypene.

Normalbelegg for persontransport med jernbane

For lokaltog er det benyttet et gjennomsnittlig årlig normalbelegg på 28 %. Dette er basert på den siste kollektivtrafikkstatistikken fra SSB (www.ssb.no/emner/10/12/kolltrans/tab-2006-10-31-05.html).

Tilsvarende belegg på elektrisk InterCity / regiontog er beregnet for gjennomsnitt på regiontog i samme SSB-statistikk, som gir 36 %.

Beleggsprosent for Flytog (Oslo S-Gardermoen) på 28 % er basert på opplysninger fra AS Flytoget i 2006.

Beleggsprosent for elektrisk Fjerntog og Nattog er valgt med basis i tellinger og billettsalg utført av NSB i 2005. Dette ga gjennomsnittlig belegg for de elektriske Fjerntogene og Nattog på 55 %.

Tall for kapasitetsutnyttningen på dieseltog er også basert på kollektivtrafikkstatistikken fra SSB (Ibid.) og satt til 36 %.

Energibruk for persontransport med jernbane

For elektrisk lokaltog er det i databasen benyttet en gjennomsnittlig energibruksfaktor på 0,14 kWh/pkm ved en kapasitetsutnyttelse på 28 %. Dette har basis i Andersen (2001).

For InterCity / regiontog er det i databasen benyttet en gjennomsnittlig energibruksfaktor på 0,12 kWh/pkm ved en kapasitetsutnyttelse på 36 %. Dette har basis i Andersen (2001) og Høyer et al. (1993). Det er tatt hensyn til økt innfasing av tog med tilbakeføring av bremseenergi, samt økt toghastighet.

Faktor for gj. snitt energibruk til Flytoget Oslo S-Gardermoen er basert på beregninger gjort av AS Flytoget og publisert i årsrapporten for 2004, og satt til 0,19 kWh/pkm med en beleggsprosent på 28 %.

For elektrisk fjerntog er en gjennomsnittlig energibruksfaktor på 0,12 kWh/pkm med en beleggsprosent på 55 % benyttet (Andersen, 2001 og Høyer og Heiberg, 1993).

Elektrisk nattog er i databasen tillagt en energibruksfaktor per pkm som er noe høyere enn for elektriske fjerntog. Dette har basis i at nattogenes har noe færre passasjerplasser per vogn sammenliknet med tilsvarende dagtog. Den gjennomsnittlige energibruksfaktoren for elektriske nattog er således satt til 0,14 kWh/pkm med en beleggsprosent på 55 %.

For dieseldrevne tog kan det med basis i tall fra NSB (2005), Andersen (2001) og Høyer og Heiberg (1993) beregnes gjennomsnittlig energibruk på 0,27 kWh/pkm for tog med lok+vogner og 0,24 kWh/pkm for krengetog, begge med normalbelegget på 36 %.

Energibruksfaktorene for persontransport med tog er vist i Tabell 5.

Direkte utslipp fra persontransport med jernbane

Som nevnt innledningsvis er det ikke direkte utslipp fra elektrisk jernbane. Utslipp fra produksjonen av elektrisiteten er brutto direkte utslipp og er gjort rede for i kapittel 3.

Utslippsfaktor for CO₂ fra dieseltog (lok+vogner) er beregnet ut fra energibruksfaktoren ved å benytte en omregningsfaktor på 3,15 kg CO₂/kg diesel og 11,76 kWh/kg diesel. For utslippet av CO, CH₄ og NMVOC fra dieseltog (lok+ vogner) er det benyttet faktorer fra Holtskog (2001). Utslipp av SO₂, NO_x og PM er basert på faktorer fra den såkalte "Veritas-databasen" som NSB har formidlet til oss.

Utslippsfaktor for CO₂ fra diesel-krengetog er beregnet ut fra energibruksfaktoren ved også her å benytte omregningsfaktorene på 3,15 kg CO₂/kg diesel og 11,76 kWh/kg diesel. Utslippsfaktor for SO₂ fra diesel-krengetog er beregnet ut fra SO₂-utslippsfaktoren for dieseltog (lok+vogner) men justert ned med tilsvarende faktor som forholdet mellom energibruk i de to togtypene. P.g.a. manglende tog-spesifikke data er en tilsvarende justering gjort for utslippet av CO, CH₄, NMVOC, NO_x og PM fra diesel-krengetog.

De direkte utslippsfaktorene for persontransport med jernbane er vist i Tabell 5.

Tabell 5 Direkte energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for persontransport med jernbane

Transportmiddel	Belegg (% av togets seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Eltog: Lokaltog	25	0,157	0	0	0	0	0	0	0
	28 (normalbelegg)	0,140	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,078	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,039	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: InterCity	25	0,173	0	0	0	0	0	0	0
	36 (normalbelegg)	0,120	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,086	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,043	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: Flytog	25	0,213	0	0	0	0	0	0	0
	28 (normalbelegg)	0,190	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,106	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,053	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: Fjerntog	25	0,264	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,132	0	0	0	0	0	0	0
	55 (normalbelegg)	0,120	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,066	0	0	0	0	0	0	0
Eltog: Nattog	25	0,308	0	0	0	0	0	0	0
	50	0,154	0	0	0	0	0	0	0
	55 (normalbelegg)	0,140	0	0	0	0	0	0	0
	100	0,077	0	0	0	0	0	0	0
Dieseltog (Lok+vogner)	25	0,389	104	0,0264	1,554	0,2707	0,0049	0,096	0,007
	36 (normalbelegg)	0,270	72	0,0184	1,079	0,1880	0,0034	0,067	0,005
	50	0,194	52	0,0132	0,777	0,1354	0,0024	0,048	0,004
	100	0,097	26	0,0066	0,388	0,0677	0,0012	0,024	0,002
Diesel-krengetog	25	0,346	93	0,0235	1,381	0,2406	0,0044	0,086	0,006
	36 (normalbelegg)	0,240	64	0,0163	0,959	0,1671	0,0030	0,060	0,004
	50	0,173	46	0,0118	0,691	0,1203	0,0022	0,043	0,003
	100	0,086	23	0,0059	0,345	0,0602	0,0011	0,021	0,002

2.3. 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.¹ Disse tre flytypene er derfor ikke inkludert i databasen. Til erstatning for disse har vi trukket inn noen ofte benyttede flytyper i Norge. Dette gjelder flytypene Boeing 737-400/600/700/800, MD81, MD83, MD87, MD93, Fokker 50 og Dash 8-100.

Flytypene Boeing 737-400/500/600/700/800 gis samme forbruks- og utslippsfaktorer.

Utslippene per personkm for de enkelte flytypene i MD80-serien (MD81, MD82, MD83 og MD87) varierer noe. Databasen inkluderer derfor hele MD80-serien og ikke bare MD82. Den nyere og mer energieffektive flytypen MD93 er også inkludert 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. De er derfor inkludert i databasen.

Utfløyet distanse

Utslippene fra fly er i miljødatabasen oppgitt per personkm. De samme faktorene benyttes uavhengig av reisesens lengde. Utslippene ved en gitt kapasitetsutnyttning vil imidlertid variere med utfløyet distanse. Korte flyvninger vil ha forholdsmessig 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.

Ideelt sett burde databasen inneholdt utslippsfaktorer for hvert enkelt reisemål (eks Oslo-Bergen, Oslo-Bodø, Trondheim-Molde, etc). Dette forutsetter imidlertid beregning av gjennomsnittlige flyvesyklusener 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.

¹ De tre flytypene er langt mer vanlige i Sverige.

Vi har isteden valgt 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), betegnet <500 km i databasen
- 950 km med middels store passasjerfly (SAS, Braathens), betegnet >500 km i databasen

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

Kategorien 400 km med små og mellomstore passasjerfly er det naturlig å anvende på flyvninger mellom de store byene i Sør-Norge samt Fokker 50-flyvningene. Tabell 6 viser flydistansen mellom de fire største byene i Norge.

Tabell 6 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: NSB database "Transport, miljø og kostnader" (<http://prosjekt.vestforsk.no/nsb/>)

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 er 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 7 nedenfor.

Tabell 7 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: NSB database "Transport, miljø og kostnader" (<http://prosjekt.vestforsk.no/nsb/>)

De fleste flyvninger mellom Nord-Norge og Sør-Norge har avgang eller landing på Gardermoen. Dette innebærer en relativ lang utfløyet distanse, noe Tabell 7 også viser. En distanse på 950 km vil være en god tilnærming for flyreiser mellom Nord-Norge og Sør-Norge.

Kapasitetsutnyttning

Beleggsprosent som tilsvarer gjennomsnittet for flyvninger i Norge i 1998 (1997 for Dash 8-100/Widerøe) er vist i Tabell 8.

Tabell 8 Beleggsprosent for flyvninger med SAS, Braathens og Widerøe

Flyselskap	Beleggsprosent (%)
SAS innland (2004)	66
Braathens innland (2003)	66
Widerøe (1997)	51

Kilder: SAS 2004; Braathens 2003; Lundli og Vestby 1999.

Av Tabell 8 ser vi at SAS har den høyeste kabinfaktoren og Widerøe den laveste. SAS, Braathens og Widerøe benytter hver sine flytyper. Dette innebærer at det hadde vært mulig å legge inn ulike kabinfaktorer for de enkelte flytypene (eks 63 % for MD-flyene, DC 9-41 og Fokker 50, 56 % for Boeing 737). Vi har imidlertid valgt at det for reisekategorien 400 km og 950 km benyttes en kabinfaktor som er lik kabinfaktoren for SAS og Braathens. Dette innebærer en kabinfaktor på 66 %. For flyvninger med Dash 8-100 (distanse ca 140 km) med Widerøe er imidlertid den faktiske kabinfaktoren for disse reisene i 1997 benyttet (51 %). Denne typen flyvninger vil normalt ha en lavere beleggsprosent som følge av mange "mellomlandinger".

Beregninger av energibruk og utslipp

Før beregninger av energibruk og utslipp for de aktuelle flytyper og distanser presenteres, vises flyvesyklusene som ligger til grunn for beregningene.

Tabell 9 og Tabell 10 viser beregnet flyvesyklus for henholdsvis en 400 km og en 950 km flyreise med mellomstore passasjerfly. Energibruks- 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 9 Flyvesyklus for en 400 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly

	Tid (s)	Tid (min)
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
SUM	3066,4	51,11

Kilde: Beregnet av Vestlandsforskning med utgangspunkt i data innhentet fra Flygtekniska Forsøksanstalten. 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 10 Flyvesyklus for en 950 km lang flyreise med mellomstore passasjerfly

	Tid (s)	Tid (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
SUM	6213,8	103,56

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 11, Tabell 12 og Tabell 13 viser våre beregninger av energibruk og utslipp for de enkelte flytypene og distansekategoriene.

Tabell 11 Energiforbruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 400 km.

Flytype	Beleggsprosent	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Boeing 737	100	0,469	124	0,039	0,336	0,268	0,0006	0,012	0,015
	66	0,711	188	0,059	0,509	0,406	0,0009	0,018	0,023
	50	0,938	248	0,078	0,672	0,536	0,0012	0,024	0,030
	25	1,876	496	0,156	1,344	1,072	0,0024	0,048	0,060
MD 81	100	0,454	120	0,038	0,585	0,171	0,0017	0,060	0,015
	66	0,688	182	0,058	0,886	0,259	0,0026	0,091	0,023
	50	0,908	240	0,076	1,170	0,342	0,0034	0,120	0,030
	25	1,816	480	0,152	2,340	0,684	0,0068	0,240	0,060
MD 82	100	0,464	123	0,039	0,598	0,175	0,0017	0,061	0,016
	66	0,703	186	0,059	0,906	0,265	0,0026	0,092	0,024
	50	0,928	246	0,078	1,196	0,350	0,0034	0,122	0,032
	25	1,856	492	0,156	2,392	0,700	0,0068	0,244	0,064
MD 83	100	0,487	129	0,041	0,628	0,184	0,0018	0,064	0,016
	66	0,738	195	0,062	0,952	0,279	0,0027	0,097	0,024
	50	0,974	258	0,082	1,256	0,368	0,0036	0,128	0,032
	25	1,948	516	0,164	2,512	0,736	0,0072	0,256	0,064
MD 87	100	0,511	135	0,043	0,630	0,212	0,0021	0,074	0,017
	66	0,774	205	0,065	0,955	0,321	0,0032	0,112	0,026
	50	1,022	270	0,086	1,260	0,424	0,0042	0,148	0,034
	25	2,044	540	0,172	2,520	0,848	0,0084	0,296	0,068
MD 93	100	0,417	110	0,035	0,595	0,137	0,0001	0,002	0,014
	66	0,632	167	0,053	0,902	0,208	0,0001	0,003	0,021
	50	0,834	220	0,070	1,190	0,274	0,0001	0,004	0,028
	25	1,668	440	0,140	2,380	0,548	0,0002	0,008	0,056
DC 9-41	100	0,541	143	0,045	0,359	0,421	0,0052	0,104	0,018

	66	0,820	217	0,068	0,544	0,638	0,0079	0,158	0,027
	50	1,082	286	0,090	0,718	0,842	0,0104	0,208	0,036
	25	2,164	572	0,180	1,436	1,684	0,0208	0,416	0,072
Fokker 50	100	0,312	82	0,026	0,311	0,213	0,0018	0,019	0,010
	66	0,473	124	0,039	0,471	0,323	0,0027	0,029	0,015
	50	0,624	164	0,052	0,622	0,426	0,0036	0,038	0,020
	25	1,248	328	0,104	1,244	0,852	0,0072	0,076	0,040

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

Tabell 12 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 950 km.

Flytype	Beleggs- prosent	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Boeing 737	100	0,390	103	0,033	0,302	0,215	0,0003	0,009	0,013
	66	0,591	156	0,050	0,458	0,326	0,0005	0,014	0,020
	50	0,780	206	0,066	0,604	0,430	0,0006	0,018	0,026
	25	1,560	412	0,132	1,208	0,860	0,0012	0,036	0,052
MD 81	100	0,402	106	0,034	0,444	0,147	0,0009	0,053	0,013
	66	0,609	161	0,052	0,673	0,223	0,0014	0,080	0,020
	50	0,804	212	0,068	0,888	0,294	0,0018	0,106	0,026
	25	1,608	424	0,136	1,776	0,588	0,0036	0,212	0,052
MD 82	100	0,411	109	0,034	0,453	0,150	0,0009	0,054	0,014
	66	0,623	165	0,052	0,686	0,227	0,0014	0,082	0,021
	50	0,822	218	0,068	0,906	0,300	0,0018	0,108	0,028
	25	1,644	436	0,136	1,812	0,600	0,0036	0,216	0,056
MD 83	100	0,432	114	0,036	0,476	0,158	0,0009	0,056	0,014
	66	0,655	173	0,055	0,721	0,239	0,0014	0,085	0,021
	50	0,864	228	0,072	0,952	0,316	0,0018	0,112	0,028
	25	1,728	456	0,144	1,904	0,632	0,0036	0,224	0,056
MD 87	100	0,453	120	0,038	0,478	0,182	0,0011	0,065	0,015
	66	0,686	182	0,058	0,724	0,276	0,0017	0,098	0,023
	50	0,906	240	0,076	0,956	0,364	0,0022	0,130	0,030
	25	1,812	480	0,152	1,912	0,728	0,0044	0,260	0,060
MD 93	100	0,369	98	0,031	0,451	0,117	0,0000	0,002	0,012
	66	0,559	148	0,047	0,683	0,177	0,0000	0,003	0,018
	50	0,738	196	0,062	0,902	0,234	0,0001	0,004	0,024
	25	1,476	392	0,124	1,804	0,468	0,0001	0,008	0,048
DC 9-41	100	0,462	122	0,039	0,278	0,315	0,0026	0,075	0,015
	66	0,700	185	0,059	0,421	0,477	0,0039	0,114	0,023

	50	0,924	244	0,078	0,556	0,630	0,0052	0,150	0,030
	25	1,848	488	0,156	1,112	1,260	0,0104	0,300	0,060

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

Tabell 13 Energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med Dash 8-100. Gjennomsnitt for flyvninger gjennomført med Widerøe i 1997.

Flytype	Beleggsprosent	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Dash 8-100	100	0,611	161	0,051	0,600	0,250	0,0010	0,009	0,020
	75	0,815	215	0,068	0,800	0,333	0,0013	0,012	0,027
	51	1,198	316	0,100	1,176	0,490	0,0020	0,018	0,039
	25	2,444	644	0,204	2,400	1,000	0,0040	0,036	0,080

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 høydeler. Det har stor betydning i hvilke høydeler utslippene skjer for den videre skjebne de får gjennom atmosfæren. For samme type forurensning vil vi kunne få ulike typer virkninger avhengig av høydeler.

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 CO₂-utslippet alene (IPCC, 1999).

RFI-verdien for verdens flåte av subsoniske fly er beregnet til 2,7 for året 1992.² Dette innebærer at luftfartens samlede virkning på drivhuseffekten er 2,7 ganger større enn hva luftfartens CO₂-utslipp alene tilsier. Det er imidlertid en betydelig usikkerhet knyttet til en slik kvantifisering.

Databasen "Transport, miljø og kostnader" omfatter bare innenriks flyreiser i Norge. Denne typen flyreiser har generelt en lavere cruisehøyde enn lengre utenriksreiser samt interkontinentale flyvninger. Dette innebærer at innenriks 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

² 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).

innenriks luftfart. Av denne grunn foreslår vi at databasen foreløpig ikke inkluderer klimaeffekten av utslipp i høyere luftlag.

3. Brutto direkte energibruk og utslipp

I tillegg til direkte energibruk beregner databasen brutto direkte energibruk og de tilknyttede utslipp. Analysen baserer seg på sammenlikninger av energikjeder, både Well-to-Tank og Tank-to-Wheel. Tank-to-Wheel tilsvarer de direkte utslippene som ble estimert i kapittel 2. For brutto-tillegget i form av Well-to-Tank er følgende lagt til grunn for energikjedene:

- Utvinning av råolje i Nordsjøen
- Transport av råolje i tankbåter fra plattformene til landbaserte raffinerier
- Produksjon av bensin og diesel i raffineri
- Distribusjon av bensin og diesel i tankbiler ut til fyllestasjonene
- Fylling av diesel og bensin på fyllestasjonene

Partikkelutslippene som skrives seg fra en Well-to-Tank modell blir spredd både nasjonalt og internasjonalt. Helse- og miljøproblemer knyttet til partikkelutslipp er i stor grad begrenset til byer og tettbygde strøk, fordi det er *konsentrasjonen* av partikler som er problematisk. Well-to-Tank partikkelutslippene knyttet til persontransporten i Norge vil være av liten betydning, og er derfor ikke tatt med i beregningene.

3.1. Persontransport på vei

Personbiler

Beregningene av brutto direkte energibruk og utslipp fra personbiler er basert på Holden (2003). I hans analyse utgjør Well-to-Tank for bensindrevne biler et tillegg i energibruken på 22%. Tilsvarende tall for dieseldrevne personbiler er 14,4%. For personbiler kan vi da beregne et vektet snitt, ved å anta at 12,3 % av personbilparken er dieselbiler. Vi får da et tillegg på 21,2 %, d.v.s et totalt Well-to-Wheel energibruk for normalbelegget på 0,654 kWh/pkm for tilslutning og 0,310 kWh/pkm for hovedreisen.

Well-to-Tank tillegget for CO₂-utslippene fra personbiler er beregnet ut fra Holden (2003) på samme måten som ovenfor. Vi får da et tillegg på 21,1 % som gir Well-to-Wheel CO₂-utslipp for normalbelegget på 171 g/pkm for tilslutning og 84 g/pkm for hovedreisen.

For NO_x har vi også benyttet Holden (2003) som oppgir Well-to-Tank tillegg på 23,7 % for bensin og 7,4 % for dieseldrevne personbiler. Ved å benytte samme fordeling mellom antall bensin og dieselbiler som ovenfor, gir dette Well-to-Wheel NO_x -utslipp for normalbelegget på 0,472 g/pkm for tilslutning og 0,089 g/pkm for hovedreisen.

Well-to-Tank tillegget for SO_x er beregnet ut fra Brandberg et al. (1992) til 0,028 g/vkm for tilslutning og 0,023 g/vkm for hovedreise. Dette gir Well-to-Wheel for normalbeleggene 0,0175 g/pkm for tilslutning og 0,0105 g/pkm for hovedreise.

For utslipp av CO, CH₄ og NMVOC fra personbiler er Well-to-Tank tillegget beregnet ut fra de gjennomsnittlige faktorene for bensin og diesel fra ulike studier som presenteres i Høyer og Heiberg (1993), og vektet med fordelingen av bilparken som ovenfor

Drosje

For drosjer er beregningene av Well-to-Tank tillegg i energibruk, CO₂ og NO_x-utslipp gjort som for personbiler, men med en annen fordeling mellom antall diesel og bensin-drevne kjøretøy. Som for beregningene av direkte energibruk, antas det at av drosjer brukt ved tilslutning er 83,5 % dieseldrevne og 16,5 % bensindrevne. Vi får da et tillegg på 15,7 %, d.v.s et totalt Well-to-Wheel energibruk for normalbelegget på 0,440 kWh/pkm for tilslutning og 0,361 kWh/pkm for hovedreisen.

Well-to-Tank tillegget for CO₂-utslippene fra drosjer beregnet ut fra Holden (2003) på samme måten som ovenfor. Well-to-Wheel CO₂-utslippene fra drosje blir således for normalbelegget 147 g/pkm for tilslutning og 93 g/pkm for hovedreisen.

Beregningene av NO_x er som for personbiler, men igjen med fordelingen 83,5 % dieseldrevne og 16,5 % bensindrevne kjøretøy. Dette gir Well-to-Wheel NO_x -utslipp for normalbelegget på 0,273 g/pkm for tilslutning og 0,108 g/pkm for hovedreisen.

Well-to-Tank tillegget for SO_x er også for drosjer beregnet ut fra Brandberg et al. (1992) som gir for normalbeleggene 0,0108 g/pkm for tilslutning og 0,0100 g/pkm for hovedreisen.

For utslipp av CO, CH₄ og NMVOC fra drosjer er Well-to-Tank tillegget beregnet ut fra de gjennomsnittlige faktorene for bensin og diesel fra ulike studier som presenteres i Høyer og Heiberg (1993), og vektet med fordelingen av bilparken som ovenfor.

Buss

Brutto direkte energibruk fra buss er blitt beregnet med utgangspunkt i anslagene i Lundli m.fl (1998b). Her blir Well-to-Tank energibruken anslått til å utgjøre et tillegg på 11,4 % i forhold til den direkte energibruken. Vi får da for buss et Well-to-Wheel energibruk for normalbelegget på 0,234 kWh/pkm for tilslutning og 0,141 kWh/pkm for hovedreisen.

Well-to-Tank CO₂-utslippet for buss er i Lundli m.fl (1998b) estimert til å være på 11,7 % av Tank-to-Wheel utslippet. Dette innebærer at Well-to-Wheel CO₂-utslippene fra buss er 63 g/pkm for tilslutning og 38 g/pkm for hovedreisen.

Beregningene av Well-to-Wheel NO_x er også basert på Lundli m.fl (1998b). Her er Well-to-Tank tillegget for NO_x –utslipp estimert til 7,8%, slik at Well-to-Wheel NO_x –utslipp for normalbelegg på buss blir 0,562 g/pkm for tilslutning og 1,198 g/pkm for hovedreisen.

Well-to-Tank tillegget for SO_x er for buss beregnet ut fra Brandberg et al. (1992) som gir for normalbeleggene 0,048 g/pkm for tilslutning 0,0027 g/pkm for hovedreisen.

For utslipp av CO, CH₄ og NMVOC fra buss er Well-to-Tank tillegget beregnet ut fra de gjennomsnittlige faktorene for diesel fra ulike studier som presenteres i Høyer og Heiberg (1993).

Well-to-Wheel energibruks- og utslippsfaktorene for tilslutning ved persontransport på vei er vist i Tabell 14.

Tabell 14 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for tilslutning ved persontransport på vei

Transport-middel	Belegg (personer/bil, passasjerer/drosje, % av bussens seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Personbil	1	1,046	274	0,0280	0,755	1,038	0,0331	0,114	0,214
	1,6 (normal-belegg)	0,654	171	0,0175	0,472	0,649	0,0207	0,071	0,134
	2	0,523	137	0,0140	0,378	0,519	0,0166	0,057	0,107
	3	0,349	91	0,0093	0,252	0,346	0,0110	0,038	0,071
Drosje	4	0,262	68	0,0070	0,189	0,259	0,0083	0,029	0,054
	1	0,572	191	0,0140	0,355	0,394	0,0158	0,050	0,237
	1,3 (normalbelegg)	0,440	147	0,0108	0,273	0,303	0,0121	0,038	0,182
	2	0,286	96	0,0070	0,177	0,197	0,0079	0,025	0,118
Buss	3	0,191	64	0,0047	0,118	0,131	0,0053	0,017	0,079
	4	0,143	48	0,0035	0,089	0,099	0,0039	0,012	0,059
	25	0,337	91	0,0071	0,809	0,057	0,0049	0,028	0,051
	36 (normalbelegg)	0,234	63	0,0049	0,562	0,039	0,0034	0,019	0,036
	50	0,168	45	0,0035	0,405	0,028	0,0025	0,014	0,026
	100	0,084	23	0,0018	0,202	0,014	0,0012	0,007	0,013

Well-to-Wheel energibruks- og utslippsfaktorene for hovedreisen ved persontransport på vei er vist i Tabell 15.

Tabell 15 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for hovedreisen ved persontransport på vei

Transport-middel	Belegg (personer/bil, passasjerer/drosje, % av bussens seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Personbil	1	0,682	185	0,0230	0,196	0,653	0,0269	0,070	0,168
	2	0,341	92	0,0115	0,098	0,326	0,0135	0,035	0,084
	2,2 (normal-belegg)	0,310	84	0,0105	0,089	0,297	0,0122	0,032	0,076
	3	0,227	62	0,0077	0,065	0,218	0,0090	0,023	0,056
	4	0,171	46	0,0058	0,049	0,163	0,0067	0,018	0,042
Drosje	1	0,469	121	0,0130	0,140	0,183	0,0148	0,030	0,161
	1,3 (normalbelegg)	0,361	93	0,0100	0,108	0,141	0,0114	0,023	0,107
	2	0,235	60	0,0050	0,070	0,092	0,0074	0,015	0,081
	3	0,156	42	0,0033	0,047	0,061	0,0049	0,010	0,054
	4	0,117	30	0,0025	0,035	0,046	0,0037	0,007	0,040
Buss	25	0,203	55	0,0040	1,725	0,154	0,0055	0,073	0,058
	36 (normalbelegg)	0,141	38	0,0028	1,198	0,107	0,0038	0,051	0,040
	50	0,102	27	0,0020	0,863	0,077	0,0028	0,037	0,029
	100	0,051	14	0,0010	0,431	0,038	0,0014	0,018	0,014

Persontransport med bilferger

Brutto direkte energibruk for den delen av personbil- og bussalternativene som utgjøres av bilferge er beregnet med basis i multiplikatorer for direkte energibruk for båt (drevet med marin diesel) i Høyer & Heiberg (1993).

Well-to-Wheel -utslippene av CO₂, NO_x, CO, CH₄ og NMVOC er beregnet ut fra de gjennomsnittlige faktorene for diesel fra ulike studier som presenteres i Høyer og Heiberg (1993).

Well-to-Wheel utslippene av SO₂ er beregnet ut fra Well-to-Tank -faktorene for diesel i Brandberg et al. (1992).

De beregnede Well-to-Wheel energibruks- og utslippsfaktorene for den delen av personbil- og bussalternativene som utgjøres av bilferge er vist i Tabell 16.

Tabell 16 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for personbil- og bussalternativenes tilslutning med ferge

Transportmiddel	Belegg (personer/bil, % av bussens seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Bilferge (bil)	1	8,37	2061	1,45	32,3	1,99	0,252	1,81	0,330
	2	4,19	1030	0,73	16,2	0,99	0,126	0,90	0,165
	2,2 (normalbelegg)	3,81	937	0,66	14,7	0,90	0,114	0,82	0,150
	3	2,79	687	0,48	10,8	0,66	0,084	0,60	0,099
	4	2,09	515	0,36	8,1	0,50	0,063	0,45	0,083
Bilferge (buss)	25	7,61	1874	1,32	29,4	1,81	0,229	1,64	0,300
	36 (normalbelegg)	5,29	1301	0,92	20,4	1,25	0,159	1,14	0,208
	50	3,81	937	0,66	14,7	0,90	0,114	0,82	0,150
	100	1,90	468	0,33	7,3	0,45	0,057	0,41	0,075

3.2. Persontransport med jernbane

Brutto direkte energibruk for elektriske tog er beregnet med basis i Lundli m.fl (1998b). Her blir brutto direkte tillegg i energibruken anslått til å utgjøre 17,6 % av den direkte energibruken. Dette gir totale brutto direkte energibruksfaktorer som vist i Tabell 18.

Utslipp fra elektrisitet er basert på at deler av elektrisiteten som blir forbrukt i Norge blir produsert i utlandet. I Tabell 17 vises forholdet mellom importert, eksportert og forbrukt elektrisitet de siste ti årene.

Tabell 17 Importert og forbrukt elektrisitet 1996-2005 (GWh)

	Forbruk	Import	Eksport
1996	104147	13212	4236
1997	104893	8692	4874
1998	110448	8046	4412
1999	110520	6857	8776
2000	110915	1474	20529
2001	113258	10760	7162
2002	120928	5330	15002
2003	115159	13472	5587
2004	122095	15334	3842
2005	112466	3326	14036
Sum	1124829	86503	88456

(Kilde: SSB)

I denne tiårsperioden utgjør den importerte elektrisiteten 7,7 % av forbruket. Selv om mengden eksportert elektrisitet overstiger mengden importert elektrisitet i tiårsperioden, har vi valgt å benytte den importerte elektrisiteten som et beste mål på tilføring av varmekraftbasert elektrisitet i det norske strømmettet. Det er for dette benyttet utslippsfaktorer for produksjon av elektrisitet for det europeiske gjennomsnittet. Disse er tidligere beregnet av Høyer og Heiberg (1993). Her regner man at det per kWh importert elektrisitet slippes ut 525 g CO₂, 2,2 g NO_x, 0,13 g CO, 0,03 g NMVOC og 1,53 g CH₄. Ved å benytte disse forutsetningene kan faktorer for brutto direkte utslipp av disse utslippskomponentene beregnes. Resultatene er vist i Tabell 18.

Well-to-Wheel utslippene av SO₂ fra elektriske tog er på tilsvarende måte beregnet ut fra det europeiske gjennomsnittet i Bang og Holden (1992), med resultat også vist i Tabell 18.

For dieseltog er Well-to-Wheel –energibruk og utslipp av CO₂, NO_x, CO, CH₄ og NMVOC beregnet ut fra de gjennomsnittlige faktorene fra ulike studier som presenteres i Høyer og Heiberg (1993). Well-to-Wheel utslippene av SO₂ er beregnet ut fra Well-to-Tank -faktorene for diesel i Brandberg et al. (1992). Resultatene er vist i Tabell 18.

Tabell 18 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for transport med jernbane

Transportmiddel	Belegg (% av togets seter)	Energi (kWh)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO (g)	CH ₄ (g)	NM VOC (g)	Partikler (g)
Eltog: Lokaltog	25	0,184	7,5	0,00008	0,032	0,0018	0,0217	0,0004	0
	28 (normalbelegg)	0,165	6,7	0,00007	0,018	0,0016	0,0194	0,0004	0
	50	0,092	3,7	0,00004	0,016	0,0009	0,0109	0,0002	0
	100	0,046	1,9	0,00002	0,008	0,0005	0,0054	0,0001	0
Eltog: InterCity	25	0,203	8,2	0,00009	0,035	0,0020	0,0239	0,0005	0
	36 (normalbelegg)	0,141	5,7	0,00006	0,022	0,0014	0,0166	0,0003	0
	50	0,102	4,1	0,00004	0,018	0,0010	0,0120	0,0002	0
	100	0,051	2,1	0,00002	0,009	0,0005	0,0060	0,0001	0
Eltog: Flytog	25	0,250	10,1	0,00011	0,042	0,0025	0,0295	0,0006	0
	28 (normalbelegg)	0,223	9,0	0,00010	0,038	0,0022	0,0263	0,0005	0
	50	0,125	5,1	0,00005	0,021	0,0013	0,0147	0,0003	0
	100	0,063	2,5	0,00003	0,011	0,0006	0,0074	0,0001	0
Eltog: Fjerntog	25	0,310	12,6	0,00013	0,053	0,0031	0,0366	0,0007	0
	50	0,155	6,3	0,00007	0,026	0,0016	0,0183	0,0004	0
	55 (normalbelegg)	0,141	5,7	0,00006	0,024	0,0014	0,0166	0,0003	0
	100	0,078	3,1	0,00003	0,013	0,0008	0,0091	0,0002	0
Eltog: Nattog	25	0,362	14,6	0,00016	0,061	0,0036	0,0427	0,0008	0
	50	0,181	7,3	0,00008	0,031	0,0018	0,0213	0,0004	0
	55 (normalbelegg)	0,165	6,7	0,00007	0,028	0,0016	0,0194	0,0004	0
	100	0,091	3,7	0,00004	0,015	0,0009	0,0107	0,0002	0
Diesel-tog (Lok+vogner)	25	0,409	107,2	0,02918	1,591	0,3259	0,0106	0,1174	0,0074
	36 (normalbelegg)	0,284	62,8	0,01718	0,926	0,1897	0,0067	0,0687	0,0043
	50	0,205	53,6	0,01464	0,796	0,1630	0,0053	0,0592	0,0037
	100	0,102	26,3	0,00727	0,398	0,0814	0,0027	0,0296	0,0019
Diesel-krengetog	25	0,364	93,0	0,02542	1,384	0,2834	0,0093	0,1021	0,0064
	36 (normalbelegg)	0,253	54,7	0,01501	0,805	0,1650	0,0059	0,0595	0,0037
	50	0,182	46,5	0,01271	0,691	0,1417	0,0047	0,0511	0,0032
	100	0,091	23,3	0,00641	0,346	0,0709	0,0023	0,0255	0,0016

3.3. Persontransport med fly

Beregning av Well-to-Wheel energibruk for fly er gjort med basis i multiplikatorer for direkte energibruk for fly (drevet med flyparafin) i Høyer & Heiberg (1993).

Well-to-Wheel -utslippene av CO₂ og NO_x er beregnet ut fra faktorene for brutto direkte tillegg for fly i Høyer & Heiberg (1993). Tilsvarende faktorer for brutto direkte tillegg av CO, CH₄ og NMVOC for flyparafin er ikke tilgjengelige. Vi har derfor estimert disse til å ligge noe høyere enn for diesel, ettersom flyparafin er noe mer raffinert, men atskillig lavere enn bensin. Et grovt estimat, som er reflektert av forskjellen i energiinnhold per vektenhet, er at brutto direkte tillegget er 25 % høyere enn for diesel. Vi har til dette benyttet de gjennomsnittlige faktorene for diesel fra ulike studier som presenteres i Høyer og Heiberg (1993). Well-to-Wheel utslippene av SO₂ er beregnet ut fra Well-to-Tank -faktorene for diesel i Brandberg et al. (1992), og på samme grunnlag som ovenfor, lagt til 25 %.

Tabell 19, Tabell 20 og Tabell 21 viser resultatene av våre beregninger av Well-to-Wheel energibruk og utslipp for de enkelte flytypene og distansekategoriene.

Tabell 19 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 400 km.

Flytype	Beleggs-prosent	Energi (kWh)	CO (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Boeing 737	100	0,516	0,272	0,396	168	0,043	0,008	0,016	0,015
	66	0,782	0,412	0,569	232	0,065	0,012	0,024	0,023
	50	1,032	0,544	0,732	292	0,085	0,016	0,032	0,030
	25	2,064	1,088	1,404	540	0,170	0,033	0,063	0,060
MD 81	100	0,499	0,174	0,645	164	0,041	0,023	0,079	0,015
	66	0,757	0,263	0,946	226	0,063	0,035	0,119	0,023
	50	0,999	0,347	1,230	284	0,083	0,046	0,158	0,030
	25	1,998	0,694	2,400	524	0,166	0,092	0,315	0,060
MD 82	100	0,510	0,178	0,658	167	0,043	0,023	0,080	0,016
	66	0,773	0,269	0,966	230	0,065	0,035	0,121	0,024
	50	1,021	0,355	1,256	290	0,085	0,046	0,160	0,032
	25	2,042	0,711	2,452	536	0,170	0,092	0,321	0,064
MD 83	100	0,536	0,187	0,688	173	0,045	0,024	0,084	0,016
	66	0,812	0,283	1,012	239	0,068	0,037	0,127	0,024
	50	1,071	0,374	1,316	302	0,090	0,049	0,168	0,032
	25	2,143	0,747	2,572	560	0,179	0,098	0,336	0,064
MD 87	100	0,562	0,215	0,690	179	0,047	0,028	0,097	0,017
	66	0,852	0,326	1,015	249	0,071	0,043	0,147	0,026
	50	1,124	0,430	1,320	314	0,094	0,057	0,194	0,034
	25	2,248	0,861	2,580	584	0,188	0,114	0,389	0,068
MD 93	100	0,459	0,139	0,655	154	0,038	0,001	0,003	0,014
	66	0,695	0,211	0,962	211	0,058	0,001	0,004	0,021
	50	0,917	0,278	1,250	264	0,076	0,002	0,005	0,028
	25	1,835	0,556	2,440	484	0,153	0,003	0,011	0,056
DC 9-41	100	0,595	0,427	0,419	187	0,049	0,070	0,137	0,018
	66	0,902	0,647	0,604	261	0,074	0,107	0,207	0,027
	50	1,190	0,855	0,778	330	0,098	0,141	0,273	0,036
	25	2,380	1,709	1,496	616	0,197	0,282	0,547	0,072
Fokker 50	100	0,343	0,216	0,371	126	0,028	0,024	0,025	0,010
	66	0,520	0,328	0,531	168	0,043	0,037	0,038	0,015
	50	0,686	0,432	0,682	208	0,057	0,049	0,050	0,020
	25	1,373	0,865	1,304	372	0,114	0,098	0,100	0,040

Tabell 20 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med ulike flytyper. Distansekategori 950 km.

Flytype	Beleggs-prosent	Energi (kWh)	CO (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Boeing 737	100	0,429	0,218	0,362	147	0,036	0,004	0,012	0,013
	66	0,650	0,331	0,518	200	0,055	0,006	0,018	0,020
	50	0,858	0,436	0,664	250	0,072	0,008	0,024	0,026
	25	1,716	0,873	1,268	456	0,144	0,016	0,047	0,052
MD 81	100	0,442	0,149	0,504	150	0,037	0,012	0,070	0,013
	66	0,670	0,226	0,733	205	0,056	0,018	0,106	0,020
	50	0,884	0,298	0,948	256	0,074	0,024	0,139	0,026
	25	1,769	0,597	1,836	468	0,149	0,049	0,279	0,052
MD 82	100	0,452	0,152	0,513	153	0,037	0,012	0,071	0,014
	66	0,685	0,231	0,746	209	0,056	0,018	0,108	0,021
	50	0,904	0,305	0,966	262	0,074	0,024	0,142	0,028
	25	1,808	0,609	1,872	480	0,149	0,049	0,284	0,056
MD 83	100	0,475	0,160	0,536	158	0,039	0,012	0,074	0,014
	66	0,720	0,243	0,781	217	0,060	0,018	0,111	0,021
	50	0,950	0,321	1,012	272	0,079	0,024	0,147	0,028
	25	1,901	0,641	1,964	500	0,157	0,049	0,294	0,056
MD 87	100	0,498	0,185	0,538	164	0,041	0,015	0,085	0,015
	66	0,755	0,280	0,784	226	0,063	0,023	0,129	0,023
	50	0,997	0,369	1,016	284	0,083	0,030	0,171	0,030
	25	1,993	0,739	1,972	524	0,166	0,060	0,342	0,060
MD 93	100	0,406	0,119	0,511	142	0,034	0,000	0,003	0,012
	66	0,615	0,180	0,743	192	0,051	0,001	0,004	0,018
	50	0,812	0,238	0,962	240	0,068	0,001	0,005	0,024
	25	1,624	0,475	1,864	436	0,135	0,002	0,011	0,048
DC 9-41	100	0,508	0,320	0,338	166	0,043	0,035	0,099	0,015
	66	0,770	0,484	0,481	229	0,065	0,053	0,149	0,023
	50	1,016	0,639	0,616	288	0,085	0,070	0,197	0,030
	25	2,033	1,279	1,172	532	0,170	0,141	0,394	0,060

Tabell 21 Well-to-Wheel energibruk (kWh/pkm) og utslipp til luft (g/pkm) for flyvninger med Dash 8-100.

Flytype	Beleggs-prosent	Energi (kWh)	CO (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	SO ₂ (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	Partikler (g)
Dash 8-100	100	0,672	0,254	0,660	205	0,056	0,014	0,012	0,020
	75	0,896	0,338	0,860	259	0,074	0,018	0,016	0,027
	51	1,318	0,498	1,236	360	0,109	0,027	0,023	0,039
	25	2,688	1,015	2,460	688	0,223	0,054	0,047	0,080

4. Samfunnsøkonomiske kostnader ved utslippene

I dette kapittelet vil vi presentere og begrunne valg av faktorer for miljøkostnader som benyttes i databasen. Presentasjonen av bakgrunns materialet om miljøkostnader bygger blant annet på tidligere studier som Vestlandsforskning har gjennomført (Lundli et al., 1998a, 1998b; Sataøen 2006).

Miljødatabasen beregner helse og miljø- kostnadene av utslipp til luft av CO₂, NO_x, CO, NMVOC, CH₄, SO₂ og PM for de ulike transportene. En fastsetting av en eventuell helse- og miljøkostnad 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. Rammen for denne versjonen er brutto direkte energibruk. Vi har derfor valgt å gi kostnaden for energi et beløp.

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/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.

4.1. 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_x-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 verdsettelsesmetoder. F.eks. kan skadestnader fastsettes av *ekspertpaneler*, ved at disse sitter sammen og bestemmer verdier for ulike miljøskader. Innenfor de direkte betalingsvillighetsmetodene kan det anvendes *betinget verdsettelsesmetode* (Contingent Valuation Method) som innebærer at individenes betalingsvilje utledes gjennom å konstruere hypotetiske markeder (ECON, 1995).

Miljøavgifter er også en form for verdsettelse. 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 CO₂-avgiften som er nødvendig for å oppnå en bestemt reduksjon i CO₂-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 forurening av jord og vann. 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).

4.2. Kostnader ved utslipp av NO_x

Tabell 25 Anslag over kostnader av NO_x-utslipp. Tall i NOK/kg (2005-kroner)

Studie	Helse	Miljø	I alt
SFT ¹⁾	363,7	1,3	365,1
SFT ²⁾			66,1
MD/SFT ³⁾	363,7	0,4	364,1
TØI ⁴⁾			72,3
TØI ⁵⁾			220,1-661,3
SJ ⁶⁾			44,4
Kågeson ⁷⁾			44,4
UIC ⁸⁾			33,1
NILU ⁹⁾			2,6-48,6
SSB ¹⁰⁾			3,8-71,3
Diverse studier ¹¹⁾			176,7-881,4
SFT ¹²⁾			87,4
ECON ¹³⁾			37,2

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 forsurnings- og marine eutrofiseringskader. Det viktigste kildegrunnlaget for disse skadene er betalingsvillighetsundersøkelser (Selvig, pers. medd.)

2) Anslag over tiltakskostnader ved å redusere NO_x-utslippene med 30-50%. Verdien er knyttet til forsurningsrelaterte tiltakskostnader (Selvig, pers. medd.)

3) Tall gjengitt i St.meld.nr. 41 (94-95) knyttet til utslipp fra veitrafikk. Se ellers note 1 (Miljøverndepartementet, 1995).

4) Tall beregnet av TØI og omfatter helsekostnader ved utslipp fra veitrafikk i by. Basert på OECD-data (Eriksen mfl., 1999).

5) Tall beregnet av Vestlandsforskning 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 forsurningskostnader. 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_x-utslipp (Kågeson, 1993).

8) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på en studie fra den internasjonale jernbaneunionen (UIC, 1994)

9) Faktorer for helseskader av utslipp fra veitrafikk i Oslo fra beregninger gjort av NILU for SFT, og presentert i SFT (2000). Beregningene er basert på modellen EPISODE, nærmere beskrevet av Slørdal (1998).

10) Faktorer for helseskader av utslipp fra veitrafikk i Oslo, presentert i SFT (2000) og basert på SSBs årlige utslippsdata på kommunalt nivå (http://www.ssb.no/luft/luft_e_fylke.html)

11) Tall beregnet av Vestlandsforskning 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)
- Glomsråd mfl. (1996)

12) SFT sin verdsetting er her basert på *risiko for død* og statistisk liv (SFT 2005).

13) Dette anslaget er basert på verdsetting av tiltakskostnader. ECON bruker her således indirekte verdsetting av skadene ved utslipp. Tallene ECON bruker er basert på marginale tiltakskostnader ved å oppfylle Gøteborg-protokollens krav (15 kr/kg), samt gjennomsnittlige skadekostnader for Nox-utslipp for byene Oslo, Bergen, Trondheim, Drammen og øvrige tettsteder (21 kr/kg). Det lave anslaget ECON bruker kan henge sammen med at verdien av forsuring og overgjødning ikke anslås. Videre tar ikke anslaget med dannelsen av sekundære partikler og bidrag til partikkelkonsentrasjon (i følge SFT 2005). Kostnadene er derfor trolig et underestimat.

Tabell 26 Kostnadsverdier for NO_x-utslipp knyttet til transport. Tall i NOK/kg (2005-kroner)

Type effekt	Kostnad (kr/kg)
Helse	258
Miljø	77
Totalt	335

En total kostnadsverdi på 335 kr/kg NO_x omfatter både helse og miljøeffekter. Miljøeffektene omfatter forsuring og eutrofiseringskader. Miljøkostnaden er her tilsvarende antatt tiltakskostnad for å redusere utslippene. I hovedsak har vi valgt å benytte tiltakskostnader som utgangspunkt. Dette er slik fordi betalingsvillighetsundersøkelser generelt gir svært lave verdier (jf. tabell 25). Vi forutsetter at disse gir et riktigere bilde av miljøkostnadene knyttet til utslipp av NO_x.

Databasen benyttes i hovedsak 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 i hovedsak å ha miljøeffekter, men også i mindre grad å ha helseeffekter. Vi har derfor i databasen valgt å benytte en kostnadsfaktor på 90 kr/kg NO_x.

4.3. Kostnader ved utslipp av CO₂

Tabell 27 oppsummerer noen kostnadsverdier for utslipp av CO₂ - slik dette fremkommer i nasjonale og internasjonale studier.

Tabell 27 Anslag over kostnader av CO₂ -utslipp. Tall i NOK/kg (2005-kroner)

Studie	Næring	Miljø	Annet	I alt
TØI ¹⁾				0,44-1,14
Kågeson ²⁾				0,37-0,92
UIC ³⁾				0,73
Cline ⁴⁾	0,05-0,16	0,01-0,03	0,04-0,13	0,11-0,33
Fankhauser ⁵⁾	0,02-0,06	0,03-0,10	0,09-0,26	0,14-0,43
Nordhaus ⁶⁾	0,02-0,06		0,09-0,26	0,11-0,33
IPCC ⁷⁾				0,17-0,22
Jernelöv ⁸⁾				0,04
TØI ⁹⁾				0,39-1,28
ECON ¹⁰⁾				0,15
SFT ¹¹⁾				0,2
SIKA/SJ ¹²⁾				1,8

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 CO₂-avgift på NOK 0,65 pr. kg i år 2000 for å stabilisere utslippene på 89-nivå (lineær opptrapping fra CO₂ -avgift i 1989). Det høye tallet er et betalingsvillighetsalternativ som verdsetter CO₂-kostnaden til NOK 1,03 pr. kg i 95/96 (Eriksen og Hovi, 1995).

2) 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 CO₂-avgift i 1993. Det høye er et høyt anslag for CO₂-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 CO₂-utslippene, med ca. -25% innen år 2010 (da CO₂-avgiften er ca. NOK 1,1 pr. kg) (Kågeson, 1993).

3) Tall beregnet av Vestlandsforskning 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 CO₂-kostnadene i 93/94 (UIC, 1994)

4-6) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på materiale fra 3 amerikanske studier. I disse beregnes skadekostnadene pr. år i ulike sektorer av den amerikanske økonomien ved en fordobling av dagens CO₂-konsentrasjon. Tallene gjelder altså som årlige kostnader fram mot år 2100 i 2003-priser. Det lave anslaget fordeler kostnadene på de amerikanske CO₂-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).

7) Tall beregnet av Vestlandsforskning basert på anslag gjort av det internasjonale klimapanelet. På global basis anslås de samlede skadekostnader til 1,5-2% av BNP. Som for de amerikanske studiene knytter dette seg til skadene ved en framtidig fordobling av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren. Tallene er beregnet i forhold til størrelsen på det globale BNP og de samlede årlige CO₂-utslippene (IPCC, 1997).

8) Tall brukt av Arne Jernelöv i hans beregninger av den svenske "miljøgjelden". Det tilsvarer kostnadene ved å binde CO₂-utslippene ved å plante skog. Jernelöv understreker at det er et lavt anslag ettersom det bare omfatter de mest kostnadseffektive tiltakene (Jernelöv, 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)

9) Tall brukt i en studie av marginale kostnader ved transportvirksomhet (Eriksen m.fl., 1999). Det lave anslaget er basert på forutsetninger om internasjonal kvotehandel gjort av CICERO.

10) Anslaget i ECON-rapporten er bl.a basert på kostnadene ved å oppfylle Kyoto-avtalen, gitt at USA *ikke* ratifiserer avtalen, samt at det åpnes for at landene i større grad enn antatt kan benytte den faktiske bindingen av karbon i skog og vegetasjon for å oppfylle forpliktelsene (ECON 2003)

11) SFT sitt forslag til verdsetting av klimagassutslipp (SFT 2005: 39)

13) Dette anslaget benyttes av Statens Jarnvegar i Sverige, i deres "miljøkalkyl" ved kjøp av togbilletter. Miljøkalkulatoren er utviklet av SIKa (statens institut for kommunikasjonsanalyse).

I databasen benyttes enhetskostnaden på 1,0 kr/kg CO₂. Da har vi tatt hensyn til usikkerheten som ligger i de ulike anslagene og holdt oss til et nivå som ligger betydelig lavere enn det som benyttes av Statens Jarnvegar i Sverige, i deres "miljøkalkyl".

4.4. Kostnader ved utslipp av NMVOC og SO₂

Det er benyttet estimater gjort av TØI (Hagen og Putz, 1999) for enhetskostnader på NMVOC og SO₂. Justert til 2005-kroner er disse på 38 og 19 kr/kg for henholdsvis NMVOC og SO₂.

4.5. Kostnader ved utslipp av CO og CH₄

For CO og CH₄ er kostnadsestimatene hentet fra Eyre et. al (1996). De estimerte kostnadene omfatter kun kostnader forbundet med utslippenes klimapåvirkning. Justert til 2005-kroner er disse på 0,1 og 0,9 kr/kg for henholdsvis CO og CH₄. For CH₄ 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).

4.6. Kostnader ved utslipp av partikler

Faktorer for partikkelutslipp i databasen er basert på *massen* til partiklene. Det er imidlertid sannsynlig at beregning basert på *antall* partikler gir bedre korrelasjon med helseeffekter. Nyere studier viser 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.

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 utslippsfaktorene.

I prissettingen av partikkel-utslipp har vi lagt en skadestilnærming 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 PM₁₀. 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 PM₁₀. Her er det imidlertid ikke tatt med sykdomsperioden i forkant av dødstidspunktet, som trolig kan være av enda større betydning.

Databasen benyttes imidlertid til å beregne kostnader for reiser mellom byer og tettsteder i Norge. Dette innebærer at mesteparten av utslippene vil skje utenom områder med tett befolkningkonsentrasjon. Utslippene av partikler antas derfor å ha langt lavere kostnadsenhet enn tilfellet er 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 benytte by-kostnaden på 2050 kr/kg. 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 80 kr/kg partikler.

4.7. Oppsummering av faktorer for miljøkostnader

Faktorene for miljøkostnader ved utslippene er vist i Tabell 22.

Tabell 22 *Kostnadsfaktorer for utslippskomponentene*

Utslippskomponent	Kostnadsfaktor (kr/kg)
Nitrogenoksider (NO _x)	90
Karbondioksid (CO ₂)	1,0
Flyktige organiske forbindelser, unntatt metan (NMVOC)	38
Svoveldioksid (SO ₂)	19
Karbonmonoksid (CO)	0,1
Metan (CH ₄)	0,9
Partikler (PM)	80

5. Ulykkeskostnader

I det som i databasen er betegnet "Ulykkeskostnader" baserer seg bl.a. på faktorer sammenfattet av TØI for gjennomsnittsfaktorer for ulykkesrisiko og -kostnader for ulike transportformer (Sandberg Eriksen og Hovi, 1995). I tillegg hav vi gjort egne beregninger (Sataøen, 2005). Kostnadene omfatter kostnader forbundet med ulykker med dødsfall og/eller personskade. Ulykker påført personer som ikke er passasjer eller sjåfør av transportmidlet er inkludert i det aktuelle transportmidlets ulykkeskostnadsfaktor.

Faktorer for ulykkeskostnader for persontransport med bilferge er ikke tilgjengelige, og er dermed ikke tatt med i databasen. Et resultat på null kroner i ulykkeskostnader for disse transportalternativene betyr dermed kun at det ikke ligger inne ulykkeskostnadsfaktorer for denne kategorien.

Faktorene for ulykkeskostnader er beregnet ut fra undersøkelser om betalingsvilligheten for å unngå tapte leveår og nedsatt helsetilstand.

Ulykkeskostnadsfaktorene som er benyttet for persontransport er presentert i Tabell 23

Tabell 23 Ulykkeskostnadsfaktorene for persontransport

Persontransport- alternativ	Ulykkeskostnadsfaktor (kr/personkilometer)
Personbil	0,146
Drosje	0,185
Buss	0,032
Tog	0,057
Fly	0,005

6. Ulykkesrisiko

Det finnes utallige måter å beregne risiko for personskader på. Risiko kan relateres til både tilbakelagte kilometer, til den tid en person oppholder seg i en transportsituasjon, samt til antall turer som utføres. Personskader kan i tillegg settes i relasjon til befolkningens størrelse og dermed uttrykke en helserisiko ved å reise med et spesifikt transportmiddel. Disse ulike måtene å betrakte risiko på gir forskjellige resultater og dermed også forskjellige relasjoner mellom ulike transportsystemers og transportmidlers ulykkesrisiko.

Det er i databasen "Transport, miljø og kostnader" valgt å uttrykke ulykkesrisiko som risiko per million personer som reiser over et visst antall kilometer. Dette er basert på statistikk over ulykker de siste 15 år.

For *personbiler* er beregningene av risiko gjort for fører og passasjer samlet, mens for de andre transportformene er fører/besetning holdt utenom beregningene. Dette har sin bakgrunn i at for personbiler er føreren og passasjer i samme kategori i og med at en stor del av transportarbeidet skjer med kun sjåfør i bilen.

Det er vanlig å dele inn personskader ved ulykker i tre ulike kategorier. De er:

1. Døde (inkluderer skade med døden til følge, hvor død inntreffer inntil 30 dager etter ulykken)
2. Alvorlig skadde
3. Lettere skadde

Det er i databasen "Transport, miljø og kostnader" imidlertid bare inkludert den første av de tre kategoriene skader (døde). Dette valget er gjort for å forenkle bruken av databasen.

Det kan også skilles mellom to ulike former for risiko. De er:

1. Egenrisiko
2. Totalrisiko

Egenrisiko belyser den risiko en passasjer (eller sjåfør) har for å omkomme ved et uhell med transportmiddelet. Totalrisiko belyser risiko for skade på passasjer/sjåfør og i tillegg skade på motpart ved kollisjoner og påkjørsler. Totalrisiko er således en risiko hvor skade på såkalt tredjepart er inkludert. For personbil er påkjøring av fotgjenger et eksempel på personskade som inngår i beregning av totalrisiko for bil. Databasen inkluderer kun den første kategorien (egenrisiko).

6.1. Ulykkesrisiko ved veitransport

Ulykkesrisiko for personbil og drosje

Statistisk sentralbyrå utgir statistikk over antall døde i veitrafikkulykker. I Tabell 24 vises drepte personbilførere og personbilpassasjerer for 1990-2004. Ulykker med drosje er inkludert i disse tallene.

Tabell 24 Personer drept i personbilulykker 1990-2004.

År	Antall drepte
1990	204
1991	185
1992	191
1993	158
1994	186
1995	190
1996	165
1997	204
1998	212
1999	214
2000	224
2001	189
2002	215
2003	192
2004	180

Kilder: SSB "Personer drept eller skadd, etter skadegrad og trafikantgruppe. 1989-1998", "Personer drept eller skadd i veitrafikkulykker, etter trafikantgruppe. 1996-2005"

For å gjøre beregningene av ulykkesrisiko ved personbiltransport bedre hadde det vært hensiktsmessig å trekke inn transport med bilferger som en del dette systemet. Ytterligere vurderinger og avklaringer er imidlertid nødvendig før det er mulig å inkludere fergetransporten.

Statistikk på persontransportarbeidet for personbiler utgis av TØI og SSB. For årene 1990 til 2004 er det oppgitte transportarbeidet fra disse kildene totalt for personbiler og drosjer vist i Tabell 25.

Tabell 25 Transportarbeide for personbil i Norge 1990-2004 (milliard personkm)

År	Persontransportarbeide
1990	42,98
1991	43,48
1992	42,59
1993	42,59
1994	43,98
1995	44,17
1996	45,86
1997	45,91
1998	47,14
1999	48,55
2000	48,95
2001	50,06
2002	51,39
2003	52,34
2004	52,70

Kilder: SSB "Innenlandsk persontransport, etter transportmåte".

Oversikt over tallmaterialet og beregning av ulykkesrisiko for personbil er vist i Tabell 26.

Tabell 26 Beregning av egenrisiko for å omkomme med personbil

År	Persontransportarbeide (milliard pkm)	Antall drepte
1990	42,98	
1991	43,48	185
1992	42,59	191
1993	42,59	158
1994	43,98	186
1995	44,17	190
1996	45,86	165
1997	45,91	204
1998	47,14	212
1999	48,55	214
2000	48,95	224
2001	50,06	189
2002	51,39	215

2003	52,34	192
2004	52,70	180
Sum	702,69	2909
Risiko (antall drepte/mrd pkm) = 4,14		

En svakhet med det statistiske materialet som ligger til grunn for beregning av ulykkesrisiko er at utlendinger i bil på norske veier ikke er inkludert i persontransportarbeidet, men derimot i statistikken over antall omkomne.

Ulykkesrisiko for buss

Statistisk sentralbyrå utgir statistikk over antall døde i veitrafikkulykker med buss involvert. En svakhet med denne statistikken er at den ikke differensierer mellom fører og passasjer. Tallene for buss er vist i Tabell 27.

Tabell 27 Drepte førere og passasjerer i buss 1990-2004

År	Antall drept
1990	1
1991	2
1992	3
1993	1
1994	2
1995	10
1996	0
1997	2
1998	3
1999	6
2000	6
2001	3
2002	2
2003	1
2004	1

Kilder: SSB "Veitrafikkulykker med personskaade, 2001. Personer drept eller skadd, etter trafikantgruppe og skadegrad. 1991-2000", "Veitrafikkulykker med personskaade, Tabell 2. Personer drept eller skadd, etter trafikantgruppe og skadegrad. 1996-2005"

Som for personbil er ikke den del av busstransporten som utgjøres av bilferge inkludert i materialet for buss. Det har vært store ulykker med buss om bord på bilferge, for eksempel i 1995 da 6 personer mistet livet da en buss gikk i sjøen fra ferja "Eidfjord" ved Hatvik i Os i Hordaland. Det er imidlertid nødvendig med ytterligere vurderinger og avklaringer i datamaterialet for ferger før dette kan inkluderes i denne sammenheng.

Transportarbeide for buss utgis av TØI og Statistisk sentralbyrå. For årene 1990 til 2004 er det oppgitte transportarbeidet fra disse kildene vist i Tabell 28.

Tabell 28 Transportarbeide for buss i Norge 1990-2004 (milliard personkm)

År	Buss
1990	3,89
1991	3,89
1992	3,89
1993	3,89
1994	3,89
1995	3,75
1996	4,12
1997	4,25
1998	4,21
1999	4,18
2000	4,14
2001	4,11
2002	4,13
2003	4,01
2004	4,23

Kilder: SSB "Innenlandsk persontransport, etter transportmåte", og Andersen og Lundli (2000)

Datagrunnlaget som er benyttet og beregning av ulykkesrisiko for buss er vist i Tabell 29.

Tabell 29 Beregning av egenrisiko for buss

År	Persontransportarbeide (milliard pkm)	Antall drepte
1990	3,89	1
1991	3,89	2
1992	3,89	3
1993	3,89	1
1994	3,89	2
1995	3,75	10
1996	4,12	0
1997	4,25	2
1998	4,21	3
1999	4,18	6
2000	4,14	6
2001	4,11	3
2002	4,13	2
2003	4,01	1
2004	4,23	1
Sum	60,58	43
Risiko (antall drepte/mrd pkm) = 0,71		

En svakhet med det statistiske materialet er at det ikke er mulig å differensiere mellom de enkelte typer bussreiser (eks rutebuss vs charter) og passasjerenes nasjonalitet. Antall omkomne og skadde for eksempelvis i charterbusser er ikke inkludert i persontransportarbeidet, men derimot i statistikken over antall omkomne. Likeledes er utenlandske bussers passasjerer ikke inkludert i transportarbeidet, men blir inkludert i datamaterialet over antall drepte.

6.2. Ulykkesrisiko ved lufttransport

Beregning av risikoen for å omkomme eller bli skadet som reisende med fly er basert på en gjennomgang av historiske data over ulykker og persontransportarbeid med fly i Norge.

Før vi presenterer data over flyulykker med tilhørende ulykkesfaktorer, er det imidlertid nødvendig å definere hva som menes med en flyulykke.

FNs luftfartsorganisasjon, ICAO, har utarbeidet definisjoner og retningslinjer for hvordan statistiske data over flyulykker skal utarbeides. Definisjonen på en flyulykke er:

- "En flyulykke er en hendelse som inntreffer i tiden mellom en passasjer har gått om bord i flyet med den hensikt å fly og tidspunktet passasjeren har forlatt flyet. En ulykke har inntruffet når enten flyet har blitt påført en betydelig skade, og/eller at noen har blitt drept eller alvorlig skadet som følge av å ha vært inne i eller på flyet, vært i direkte kontakt med flyet eller noe som er tilknyttet til flyet, eller direkte utsatt for jet-flammen" (Boeing, 1998, fritt oversatt).

Når ICAO utarbeider sine statistiske oversikter over ulykkesrisiko (*accident rates*), er det en rekke typer flyulykker som *ikke* inkluderes i beregningene. Disse er (Boeing, 1998):

- ❑ Dødelige eller ikke-dødelige skader som skyldes naturlige årsaker
- ❑ Dødelige eller ikke-dødelige skader som er selvpåført (eks. selvmord)
- ❑ Militær flyging
- ❑ Testflyging (eks flyging relatert til vedlikehold, trening eller demonstrasjon)
- ❑ Kapring, sabotasje, terrorisme eller militære handlinger
- ❑ Dødelige eller ikke dødelige skader som rammer blindpassasjerer som gjemmer seg på steder som normalt ikke er tilgjengelig for passasjerer og besetning
- ❑ Ikke-dødelige skader som er et resultat av atmosfærisk turbulens, manøvrering, løse gjenstander, ved avstigning fra flyet, evakuering, vedlikehold og service
- ❑ Ikke-dødelige skader som rammer personer som ikke er om bord i flyet (3. part)

Det må presiseres at flere av de ovenfornevnte typer ulykker og skader inngår i de nasjonale og globale statistikkene over antall drepte og skadde i flyulykker, men de inngår altså ikke i beregningene av risikofaktorene for å dø eller å bli skadet som reisende i fly.³ Besetning som omkommer eller blir skadet inngår heller ikke i disse beregningene.

I våre beregninger av risikofaktorer for norsk luftfart legger vi i hovedsak til grunn definisjonene og avgrensningene beskrevet ovenfor. Denne innebærer blant annet at vi ikke inkluderer besetning som omkommer.

Luftfart blir delt inn i en rekke ulike typer eller kategorier flyvninger. I vårt notat fokuserer vi på sivile flyvninger, noe som innebærer at alle militære flyvninger ekskluderes.⁴ Vi ønsker

³ I perioden 1988-97 ble for eksempel 1.180 personer drept i sivil luftfart i forbindelse med terrorisme, flykapring eller militære handlinger i verden sett under ett (Boeing 1998).

⁴ Dette er også i samsvar med definisjonene til ICAO nevnt ovenfor.

heller ikke å trekke inn eventuelle ulykker knyttet til overflyvninger over norsk territorium hvor både avgang og landing finner sted utenfor norsk territorium.⁵ Ulykkesstatistikken til Luftfartsverket legger begrensninger på den videre avgrensningen. Luftfartsverket fører statistikk over luftfartsulykker og det tilhørende antallet drepte for henholdsvis "Luftfartsulykker med norskregistrerte luftfartøyer" og for "Luftfartsulykker i Norge med utenlandsregistrerte fly". Den førstnevnte kategorien omfatter også ulykker med norskregistrerte luftfartøyer utenfor norsk territorium. Statistikken er ikke bearbeidet slik at det gis en oversikt over hvordan ulykkene fordeler seg mellom norsk territorium og utenlands territorium.⁶

- I dette kapitlet ønsker vi å beregne risikofaktoren for å omkomme ved innenriks ruteflyvninger i Norge. Dette representerer den vanligste formen for innenriks persontransport med fly i Norge i dag. Det har inntruffet to dødsulykker med innenriks ruteflyvning i de siste 15 årene. Det var: 12. april 1990: 5 personer omkom da et Twin Otter-fly fra Widerøe styrtet i havet utenfor Værøy i Nordland. 3 av de omkomne var passasjerer, 2 var besetning.
- 27. oktober 1993: 6 personer omkom av i alt 19 personer om bord da et Twin Otter-fly fra Widerøe styrtet ved Namsos på rute fra Trondheim. 4 av de omkomne var passasjerer, 2 var besetning. De resterende 13 passasjerer ble skadet.

Siden vi avgrensner våre beregninger til innenlands ruteflyvninger, inkluderer vi ikke flyvninger fra/til Norge. Dette innebærer at for eksempel den største flyulykken på norsk territorium noensinne, ulykken med den russiske Tupolev-maskinen i august 1996 på Svalbard (141 omkomne), ikke inngår i våre beregninger.

Når vi ønsker vi å beregne en risikofaktor for å omkomme som reisende med innenriks rutefly innebærer dette at vi ser bort i fra ulykker med dødelig utfall innenfor kategoriene annen erhvervsmessig flyvning, skoleflyvning, og klubb-/privatflyvning.

Tallmaterialet for transportytelser innen luftransport bygger på data fra Luftfartsverket som igjen har fått disse fra flyselskapene (Rideng, 1999). Tabell 30 viser persontransportarbeidet for årene 1990-2004 for innenriks ruteflyvninger.

⁵ Det er et betydelig antall overflyvninger hvert år. Det var for eksempel over 16.000 overflyvninger i 1997 (Luftfartsverket 1998).

⁶ Luftfartsverket/Luftfartstilsynet sitter imidlertid på data som gjør slike fordelinger mulige.

Tabell 30 Persontransportarbeidet for innenriks ruteflyvninger i perioden 1990-2004 (milliard passasjerkm).

År	Innenriks ruteflyvninger
1990	2,67
1991	2,70
1992	2,95
1993	3,20
1994	3,40
1995	3,57
1996	3,92
1997	4,03
1998	4,24
1999	4,37
2000	4,42
2001	4,26
2002	4,03
2003	3,80
2004	4,04

Kilder: Rideng (1999), SSB Statistikkbanken (2005)

Tabell 31 nedenfor viser risikoen for å omkomme med innenriks ruteflyvning i Norge, basert på erfaringstall for perioden 1990-2004.

Tabell 31 Beregning av passasjerers risiko for å omkomme ved luftfartsulykker med innenriks ruteflyvninger, 1990-2004

År	Persontransportarbeide (milliard pkm)	Antall drepte
1990	2,67	3
1991	2,70	0
1992	2,95	0
1993	3,20	4
1994	3,40	0
1995	3,57	0
1996	3,92	0
1997	4,03	0
1998	4,24	0
1999	4,37	0
2000	4,42	0
2001	4,26	0
2002	4,03	0
2003	3,80	0
2004	4,04	0
Sum	55,60	7
Risiko (antall drepte/mrd pkm) = 0,13		

6.3. Ulykkesrisiko ved jernbanetransport

Statistikk for jernbaneulykker i Norge er fra NSB. Antall drepte er vist i Tabell 32.

Tabell 32 Antall drepte passasjerer ved ulykker med tog i Norge 1990-2004

År	Drepte
1990	4
1991	2
1992	0
1993	5
1994	1
1995	1
1996	0
1997	0
1998	0
1999	0
2000	16
2001	2
2002	0
2003	1
2004	0

Kilder: Årsrapporter fra NSB. Synergi (NSB). Ulykkesstatistikk fra Statens Jernbanetilsyn.

Persontransportarbeide for tog i Norge er fra TØI og SSB. For årene 1990 til 2004 er det oppgitte transportarbeidet fra disse kildene vist i Tabell 33. Tallene inkluderer ikke forstadsbaner og sporveier. Fram til og med 1997 er alt transportarbeidet utført av NSB. Fra og med 1998 er transportarbeid fra kategorien ”andre jernbaner” (Flytoget) inkludert.

Tabell 33 Persontransportarbeide for jernbane i Norge 1990-2004 (milliard personkm)

År	Persontransportarbeide
1990	2,01
1991	2,17
1992	2,17
1993	2,17
1994	2,33
1995	2,30
1996	2,38
1997	2,51
1998	2,59
1999	2,65
2000	2,85
2001	3,26
2002	2,48
2003	2,41
2004	2,67

Kilder: SSB "Innenlandsk persontransport, etter transportmåte" og Andersen og Lundli (2000).

Oversikt over tallgrunnet og resultatene fra beregningene er vist i Tabell 34.

Tabell 34 Beregning av passasjerers ulykkesrisiko ved tog

År	Persontransportarbeide (milliard pkm)	Antall drepte
1990	2,01	4
1991	2,17	2
1992	2,17	0
1993	2,17	5
1994	2,33	1
1995	2,30	1
1996	2,38	0
1997	2,51	0
1998	2,59	0
1999	2,65	0
2000	2,85	16

2001	3,26	2
2002	2,48	0
2003	2,41	1
2004	2,67	0
Sum	36,95	32
Risiko (antall drepte/mrd pkm) = 0,87		

6.4. Oppsummering av faktorer for ulykkesrisiko

Faktorene for ulykkesrisiko ved de ulike transportvalgene er vist i Tabell 35.

Tabell 35 Ulykkesrisiko for ulike transportmiddel

Transportmiddel	Ulykkesrisiko (omkomne per milliard personkilometer)
Personbil, drosje	4,14
Buss	0,71
Fly	0,13
Tog	0,87

7. Referanser

7.1. Litteratur

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

Alfsen, K.H. og 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. (2001): *Transport, miljø og kostnader. Oppdatering av database for energibruk, utslipp til luft, samfunnsøkonomiske kostnader og ulykkesrisiko ved ulike former for gods- og persontransport*. VF-Notat 5/01. Vestlandsforskning, Sogndal.

Andersen, O. og Lundli, H.E. (2000): *Ulykkesrisiko ved persontransport. En sammenfatning og vurdering av statistisk materiale*. VF-Notat 1/00. Vestlandsforskning, Sogndal.

Andersen, O., Uusitalo, O., Ahlvik, P., Hjortsberg, H., Groven, K. and Brendehaug, E. (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.

Bang, J. og Holden, E. (1992): *Elektriske biler- utslippsanalyse*. Rapport 271 (02) / 92. Teknologisk Institutt, Oslo.

Bang, J., Flugsrud, K., Holtskog, S., Haakonsen, G., Larssen, S., Maldum, K.O., Rypdal, K. og Skedsmo, A. (1999): *Utslipp fra veitrafikk i Norge – Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*. Oppdatering av SFT-rapport 93:12. SFT-rapport 99:4. Statens forurensningstilsyn.

Boeing (1998): *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents. Worldwide Operations 1959-1997*. Washington: Boeing Commercial Airplane Group.

Brandberg, Å., Ekelund, M., Johansson, A. og Roth, A. (1992): *The Life of Fuels. Motor Fuels from Source to End Use. An energy and emission systems study of conventional and future options*. ISBN: 91-88370-09-7. Ecotraffic AB, Stockholm.

- Brendemoen, A. m.fl. (1992): *Miljøkostnader i makroperspektiv*. SSB Rapport 92/17. Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Braathens (2003). *Braathens miljørapport 2003*. Braathens ASA, Oslo.
- ECON (1995): *De norske kjøretøyavgiftene*. Rapport 124/95. Oslo: ECON Analyse, Senter for økonomisk analyse.
- ECON (2003) *Eksterne marginale kostnader ved transport*. Rapport 054/03 Oslo: Econ Analyse. Utarbeidet for Samferdselsdepartementet.
- Eriksen, K.S. og Hovi, Z.B. (1995): *Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*. TØI notat 1019/1995. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Eriksen, K.S., Markussen, T.E. og Pütz, K. (1999): *Marginale kostnader ved transportvirksomhet*. TØI rapport 464/1999. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Eyre, N.J., Ozdemiroglu, E., Pearce, D.W. 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.
- Glomsrød, S. m.fl. (1996): *Integrering av miljøkostnader i makroøkonomiske modeller*. Rapport 96/23. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Hagen, K.-E. og Putz, O.K. (1999): *Miljøkostnader knyttet til bruk av ulike transportmidler på utvalgte relasjoner*. Arbeidsdokument av 19. Mars 1999. Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Holden, E. (2003): *Energi og miljødata for alternative og konvensjonelle drivstoffer – år 2010*. VF-Rapport 2/03. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Holtskog, S. (2001): *Direkte energibruk og utslipp til luft fra transport i Norge. 1994 og 1998*. Rapport 2001/16. Statistisk sentralbyrå, Oslo.
- Høyer, K.G. (1992): *Kyststamvegen. Miljøkonsekvenser av overgang mellom transportmidlar*. VF-Arbeidsdokument 4/92. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Høyer, K.G. (1993). *Widerøe fly. Miljøkonsekvenser i luft og på bakken*. VF-rapport 3/93. Vestlandsforskning, Sogndal.
- Høyer, K.G. og Heiberg, E. (1993): *Persontransport – konsekvenser for energi og miljø. Direkte og indirekte energibruk og miljøkonsekvenser ved ulike transportmidler*. VF-Rapport 1/93. Vestlandsforskning, Sogndal.
- IPCC (1999). *Aviation and the Global Atmosphere. A Special Report of Working Group I and III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change,

Geneva, Switzerland.

Jernbaneverket (1998): *Miljørapport 1998*. Jernbaneverket, Oslo.

Jernelöv, A. (1994): *Miljöskuld och miljökapital i Uppsala Kommun*. Rapport 1994:3. Stockholm: Miljövårdsberedningen.

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.

Luftfartsverket (1999): *Årsstatistikk 1998*. Oslo: Luftfartsverket.

Luftfartsverket (2000): *Årsstatistikk 1999*. Oslo: Luftfartsverket.

Luftfartsverket (2001): *Årsstatistikk 2000*. Oslo: Luftfartsverket

Lundli, H.E. (1996): *The Politics of Ozone Depletion and Climate Change: Sources of Success and Failure*. Cand.polit. Thesis in Political Science. NTNU, Trondheim.

Lundli, H.E. og Vestby, S.E. (1999): *Fly og miljø*. VF-Rapport 9/99. Vestlandsforskning, Sogndal.

Lundli, H.E., Andersen, O. og Høyen, K.G. (1998a): *Transportscenarier for Oslo. 1996-2016. Konsekvenser for areal, tidsbruk og utslipp av CO₂, NO_x og svevestøv. En sammendragsrapport*. VF-rapport 13/98. Vestlandsforskning, Sogndal.

Lundli, H.E., Høyen, K.G. og Holden, E. (1998b): *Transportscenarier for Oslo. Grunnlagsnotat*. VF-notat 5/98. Vestlandsforskning, Sogndal.

Miljøverndepartementet (1995): Om norsk politikk mot klimaendringer og utslipp av nitrogenoksider (NO_x). *St.meld. nr. 41 (1994-95)*. Oslo Dep.

NSB BA (1997): *Jernbanestatistikk 1997*. NSB BA, Oslo.

NSB BA (2000): *NSB Miljøregnskap 1999*. NSB BA, Oslo.

NSB BA (2005): *NSB . Konsernet Miljøregnskap 2005*. NSB BA, Oslo.

Rideng, A. (1999): *Transportytelser i Norge 1946-1998*. TØI notat 1146/1999. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

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

Sandberg Eriksen, K. og Hovi, I.B. (1995): *Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*. TØI

notat 1019/1995. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

SAS (2004). *Miljørapport 2004*. SAS, Stockholm.

Sataøen, H. og Andersen, O. (2006): *Samfunnsregnskap 2005 for konsernet AS Oslo Sporveier*. VF-notat 8/06. Vestlandsforsking, Sogndal.

Slørdal, L.H. (1998): *Eksponering til luftforurensing i Oslo, Drammen, Bergen og Trondheim. Beregninger av NO₂, P M10, og PM_{2,5} for vinteren 1995-1996*, NILU rapport OR 38/98, Norsk Institutt for luftforskning.

Statens Forurensningstilsyn (2000): *Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning*. Luftforurensninger – effekter og verdier (LEVE). TA-1718/2000, ISBN 82-7655-205-6.

Statens Forurensningstilsyn (2005) *Marginale miljøkostnader ved luftforurensing. Skadepkostnader og tiltakskostnader*. (Leve). TA-2100/2005, ISBN 82-7655-259-5.

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

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

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

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

Vestby, S.E. (2000): *På tur med Signatur. Energibehov ved bruk av kregende togsett på Sørlandsbanen*. VF-notat 5/00. Vestlandsforsking, Sogndal.

7.2. Internet

ICAO 1998 "Annual Report from the Council"
<http://www.icao.int/cgi/goto.pl?icao/en/new.htm>)

Nall, Joseph T. (1998). "Accident Trends and Factors for 1997"
<http://www.aopa.org/asf/publications/98nall.html>

NSB database "Transport, miljø og kostnader" (<http://prosjekt.vestforsk.no/nsb/>)

Statistisk sentralbyrå "Innenlandsk persontransport, etter transportmåte"
<http://www.ssb.no/emner/10/12/transpinn/tab-1999-07-23-01.html>

Statistisk sentralbyrå "Veitrafikkulykker med personskade, 1996 Tabell 8 Veitrafikkulykker og personer drept eller skadd, etter trafikantgruppe, bostedsstrøk og ulykkesgruppe"

<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/vei96/1-8t.txt>

Statistisk sentralbyrå ”Veitrafikkulykker med personskade, 1997 Tabell 1. Personer drept eller skadd i veitrafikkulykker, etter trafikantgruppe, år og måned. 1987-1997”

<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/1997/1-1t.txt>

Statistisk sentralbyrå ”Veitrafikkulykker med personskade, 1997 Tabell 9. Personer drept eller skadd i veitrafikkulykker, etter trafikantgruppe, bostedsstrøk og ulykkesgruppe”. 1997

<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/1997/1-9t.txt>

Statistisk sentralbyrå ”Veitrafikkulykker med personskade, 1998 Tabell 9. Personer drept eller skadd i veitrafikkulykker, etter trafikantgruppe og bostedsstrøk”

<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/1998/1-9t.txt>

Statistisk sentralbyrå ”Veitrafikkulykker med personskade, 1998 Tabell 2. Personer drept eller skadd, etter skadegrad og trafikantgruppe. 1989-1998”

<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/1998/1-2t.txt>

Statistisk sentralbyrå ”Veitrafikkulykker med personskade, november 1999, Tabell 4. Personer drept eller skadd, etter alder og trafikantgruppe ” Frigitt 25. januar 1999.

<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/vtu/tab-1999-12-20-04.html>

Statistisk sentralbyrå ”Kollektivtransport. Tabell 5 NSB. Hovedtall. 2004”.

<http://www.ssb.no/emner/10/12/kolltrans/tab-2006-10-31-05.html>

7.3. Personlige meddelelser

Flybussen, tel 22 80 49 81, mars 2006

SSB, Ketil Flugsrud, februar 2006

Statens forurensningstilsyn (Eivind Selvig)

TØI (Arne Rideng), 2001

Sogn og Fjordane fylkeskommune (Idar Mo), oktober 2001