

NILU OR : 88/90
REFERANSE : O-90065
DATO : DESEMBER 1990
ISBN : 82-425-0224-2

Kartlegging av utslipp til luft fra norsk sivil luftfart

HOVEDRAPPORT

S. Knudsen og S. Strømsøe

FORORD

Denne rapporten er delt inn i to deler, hovedrapport og vedleggsrapport. Dette er hovedrapporten, vedleggene finnes i rapport NILU OR 89/90 "Kartlegging av utslipp til luft fra norsk sivil luftfart - Vedleggsrapport".

SAMMENDRAG

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har fått i oppdrag fra Luftfartsverket å kartlegge utslipp til luft fra norsk sivil luftfart.

Denne rapporten inneholder beregningsresultater basert på "Journal Sivil Lufttrafikk" fra de enkelte flyplassene, Luftfartsverkets Luftfartsstatistikk 1989, utslippsfaktorer for flymotorer samt drivstoff-forbruk innhentet fra ulike kilder.

For hver norsk flyplass er det beregnet sammensetningen av flytyper som lander og tar av over året. Denne sammensetningen er justert i henhold til Luftfartsverkets statistikk over totalt antall flybevegelser for hver flyplass i 1989.

Flytypene er gruppert etter motortyper, antall motorer og flyenes vekt.

Utslippene av hydrokarboner (HC), karbonmonoksid (CO) og nitrogenoksider (NO_x) er beregnet etter utslippsfaktorer for representative og tallmessig store flytyper innen hver gruppe.

Utslippene av karbondioksid (CO₂) er beregnet på grunnlag av drivstoff-forbruk.

Beregningene av utslipp er utført i tre nivåer for hver flyplass og hver forurensningskomponent:

- Lokalt : Omfatter utslipp opp til 300 fot (ca 100 m) over hver flyplass.
- Regionalt: Omfatter utslipp opp til 3000 fot (ca 1000 m) over hver flyplass.
- Totalt : Omfatter utslipp som totalt tilhører hver flybevegelse som kan knyttes til flyplassen.

Totalutslippene omfatter overflygninger og flylengder tilsvarende norsk salg av flydrivstoff i 1989. For helikoptre er

det vanskelig å finne utslippsfaktorer, slik at deres bidrag til utslipp av HC, CO og NO_x mangler. Bidraget til utslipp av CO₂ og forbruk av drivstoff er med.

Totalt utslipp fra fly sammenlignet med våre naboland:

		HC tonn	CO tonn	NO _x tonn	CO ₂ tonn
Norge	(1989)	700	3700	4400	1500000
Danmark	(1985)	800	4100	3200	
Sverige	(1987) (11)	4100	5900	7600	
Sverige totalt	(1989) (12)	3000	8000	7500	2000000

Totalemisjonen i Sverige inkluderer ca 1000 tonn HC fra avdamping av drivstoff, det meste i Forsvaret.

Utslippene fra sivile fly sammenlignet med totalutslippene i Norge (13):

	HC tonn	CO tonn	NO _x tonn	CO ₂ tonn
Fly Norge	700	3700	4400	1500000
Totalt Norge	192000	616500	224000	33000000
% av total	0,4	0,6	2	4,5

Det er utført en prognose for 1995, basert på en årlig økning i flytrafikken på 4%, samt en utskifting av alle fly av typen DC9 med MD80, og utskifting av B737.200 med B737.500. Tallene for overflygninger er ikke med i denne prognosen.

	LTO/år	HC tonn	CO tonn	NO _x tonn	CO ₂ tonn
Utslipp 1989	432900	651	3615	4228	1422000
Utslipp 1995	547800	715	4452	4634	1681000
Økning	27%	10%	23%	10%	18%

INNHOOLD

	Side
FORORD	1
SAMMENDRAG	2
1 METODER	5
1.1 Flyprosedyrer	5
1.2 Utslippstall for fly	6
1.3 Sammensetning av flytyper hver flyplass	9
1.4 Standard flylengder	10
1.5 Overflygninger	11
1.6 Beregning av CO ₂ -utslipp	12
1.7 Beregning av NO _x -utslipp	13
1.8 Salg av jetdrivstoff og flybensin	13
2 RESULTAT	14
2.1 Utslipp pr flyplass og totalt	14
2.2 Utslipp fordelt på regioner	14
2.3 Utslipp for flytyper 1989 og 1995	14
3 DISKUSJON	24
4 REFERANSER	24

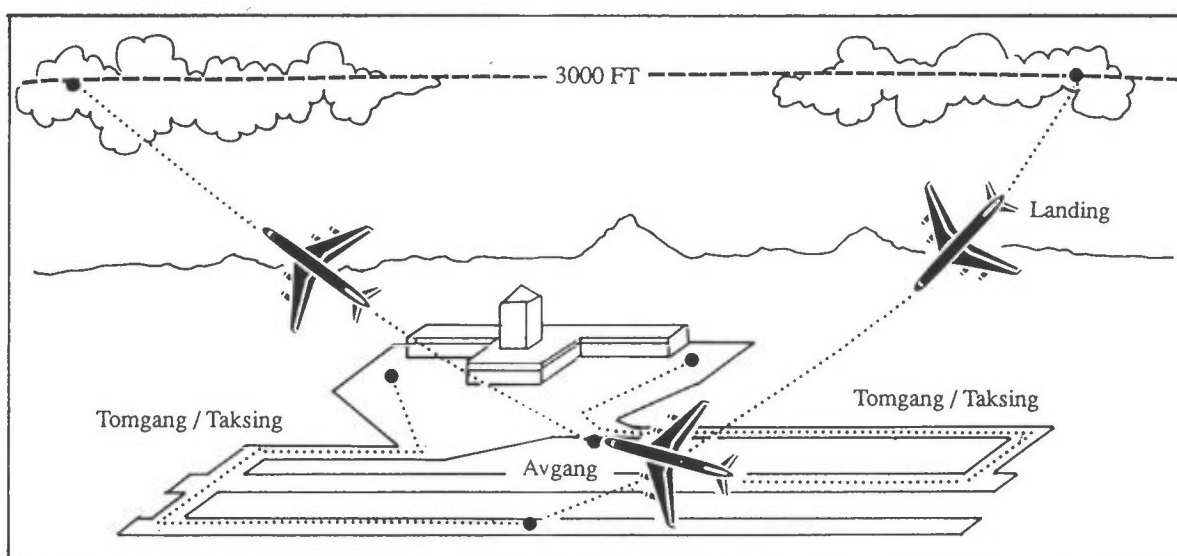
KARTLEGGING AV UTSLIPP TIL LUFT FRA NORSK CIVIL LUFTFART

- HOVEDRAPPORT -

1 METODER

1.1 FLYPROSEDYRER

Et fly som lander og tar av fra en flyplass vil gå gjennom fasene som er vist i figur 1 (3).



Figur 1: "Landing and take-off" (LTO)-syklusen.

LTO-syklusen omfatter flyets bevegelser fra det nærmer seg flyplassen fra et nivå som er 3000 fot (ca 915 m) over flyplassen, lander, bytter last og tar av opp til 3000 fot igjen. Fra 3000 fot opp til cruisehøyden vil flyet fortsette å stige i 10 til 15 minutter, avhengig av flytypen. Ca 10 minutter før flyet går inn for landing kan flyet glidefly på tomgang.

En innenlandsflyvning omfatter en fullstendig LTO-syklus og en flystrekning (1 LTO + 1 cruise), altså følgende faser:

1. Oppstart, tomgangskjøring og bevegelser på bakken. (Taxi/Idle: 5-15 min avhengig av type flyplass).
2. Start på flyvningen på rullebanen (Take-off: 0,7 min).
3. Stigning fra flyplassen opp til 3000 fot (Climb I: 2,2 min).
3. Stigning fra 3000 fot til cruisehøyde (Climb II: 10-15 min).
4. Cruise (tid varierer).
5. Glideflyging på tomgang ned til 3000 fot. (Descent: 10-15 min).
6. Flyging fra 3000 fot ned til flyplass (Approach: 4 min).
7. Tomgangskjøring og bevegelse på bakken (inkl. i 1.).

En utenlandsflyvning omfatter en LTO-syklus og to flyvninger i norsk luftrom.

1.2 UTSLIPPSTALL FOR FLY

De ulike flytypene er sortert etter ICAO-betegnelsene

L	LANDPLANE	1	ONE-ENGINE	P	PROPELLER
S	SEAPLANE	2	TWO-ENGINES	T	TURBOPROP
H	HELICOPTER	3	THREE-ENGINES	J	TURBOJET
A	AMPHIBIAN	4	FOUR-ENGINES		
D	DIRIGIBLE (AIRSHIP)				

slik at L2T betyr 2-motors turboprop landfly (1).

DC9, B737 og MD80/82 er skilt ut som egne grupper.

Innen hver gruppe er det valgt en eller flere representative flytyper som både har et stort (dominerende) antall landinger innen gruppen (basert på totaltallene for hele landet), og som det finnes gode utslippsfaktorer for. Resten av gruppen blir da

beregnet lik dette flyet med hensyn på utslipp og drivstoff-forbruk. I enkelte tilfeller tilsier vektforskjellen på flyene innen samme gruppe en mer detaljert behandling.

Helikoptre er i beregningene gitt verdien null både i drivstoff-forbruk og utslipp, idet det ikke finnes utslippsdata for disse. Drivstoff-forbruket er likevel med i totalforbruket, og derved er også utslipp av CO₂ fra helikoptre med i utslipps-tallet for CO₂ totalt. Utslipp av HC, CO og NO_x fra helikoptre er ikke med i totaltallet. Antall landinger pr år utgjør ca 25000 for hele landet, fordelt på 19000 i gruppen H2T (to-motors turboprop helikopter) og 6000 i gruppen H1T (en-motors turboprop helikopter). Det samme er gjort for ca 2000 landinger pr år for fly det ikke har vært mulig å identifisere. De fleste av disse antas å ha deltatt i veteranflystevner.

Gruppen L1P (en-motors propellfly) utgjør ca 126000 landinger pr år, og representeres ved PA28, Piper Warrior, som står for ca 25% av landingene. Utslippsdata for LTO-syklusen er hentet fra Handbook of Emission Factors (1980), og bensinforbruk under cruise fra Den Sivile Flyskole. Utslippsdata for cruise finnes ikke, disse er derfor satt lik null.

Gruppen L2P (to-motors propellfly) utgjør ca 13000 landinger pr år, og representeres ved PA31, Piper Navajo Chieftain, som står for ca 22% av landingene. Utslippsdata for LTO-syklusen er hentet fra Handbook of Emission Factors (1980), og bensinforbruk under cruise fra Agderfly, Kjevik. Utslippsdata for cruise finnes ikke, disse er derfor satt lik null.

Gruppen L2T (to-motors turboprop) utgjør ca 118000 landinger pr år. DH6 utgjør 50% av landingene, FK27 og FK50 henholdsvis 12% og 18%.

Data for FK27 brukes for FK27 og FK50 (begge veier 19 tonn). Data for FK27 er hentet fra Westerberg (3), (4). Resten av gruppen behandles lik DH6, som veier 6 tonn. Data for DH6 er hentet fra (2) for LTO-syklusen. Drivstoff-forbruk under cruise

er basert på opplysninger fra Widerøe, Bodø. Utslippsfaktorer under cruise finnes ikke, disse er derfor satt til null.

Gruppen L2J (to-motors turbojet) omfatter fire grupper:

L2J 1	DC9	52 tonn	40000 LTO/år
L2J 2	B737	57 tonn	57900 LTO/år
L2J 3	MD80/82	67 tonn	12400 LTO/år
L2J	Annet	7-165 tonn	7800 LTO/år

Hovedtyngden i gruppen "annet" er ca 60 tonn, gruppen får derfor data som for B737.

Data for B737-300 er hentet fra Westerberg (3), (4), som baserer seg på SAS-utgaven av B737. Braathens SAFE har en annen type motor i de fleste av sine nåværende B737-fly, mens hovedtyngden av flyene i bestilling synes best sammenlignbar med de data som benyttes. Dette fører til liten endring i tallene ved beregning av prognose for 1995 ved utskifting av flyparken når det gjelder B737. Det har imidlertid ikke vært mulig å finne bedre data for de forskjellige typer motorer som flyparken består av.

Data for DC9 er hentet fra Westerberg (3), (4). Disse er identiske med utslippstall fra ICAO (5).

Data for MD80 for LTO er hentet fra ICAO (5), for motortypen P&W JT8D-217C. SAS har 17 stk av denne, og 37 i bestilling. Data for cruise er tatt fra Westerberg (4), (5), som baserer sine tall for MD80 på motortypen P&W JT8D-219. SAS har 13 stk av denne.

Gruppen L3J (tre-motors turbojet) utgjør ca 1400 landinger pr år, hvorav 63% er B727. Drivstoff-forbruk og utslipp settes lik 3/2 B737.

Gruppen L4J (fire-motors turbojet) utgjør ca 11800 landinger pr år, 98% av disse er BA46. Data for BA46 er hentet fra Westerberg (3), (4).

Gruppen L4T (fire-motors turboprop) utgjør ca 30500 landinger pr år. 99,4% er DH7. Data for DH7 er anslått ut fra sammenligning med DH6 og opplysninger fra Widerøe, Bodø. Drivstoff-forbruk under cruise for DH6 er 250 kg/h pr to motorer, for DH7 1000 kg/h pr fire motorer. (DH6-620 HK/motor, DH7-1120 HK/motor). På grunnlag av dette dobles drivstoff-forbruket pr motor under alle faser av LTO for DH7 i forhold til DH6, mens utslippsfaktorene i g/kg drivstoff er de samme for DH6 og DH7.

1.3 SAMMENSETNING AV FLYTYPER VED HVER FLYPLASS

Rutetabellene "Flyruter i Norge" utgis i tre utgaver over et år. Høst/vinter-ruten som gjelder for 27 uker av året, vår/høst som gjelder for 17 uker av året, og sommerruten som gjelder for 8 uker av året.

For å finne sammensetningen av flytypene som lander på de enkelte flyplassene, ble det innhentet kopi av "Journal Sivil Lufttrafikk" fra alle flyplassene for ukene 41/89, 17/90 og 27/90 eller 27/89. De utvalgte ukene er ment å være normaluker og representerer hver sin utgave av "Flyruter i Norge". Sum avganger og sum landinger for hver flytype og hver uke ble registrert for hver flyplass. Antallet avganger og landinger ble deretter vektet etter flyrutenes gyldighetstid, for å beregne avganger og landinger over året, fordelt på flytyper.

Det totale antall landinger på hver flyplass ble deretter sammenlignet med Luftfartsverkets Luftfartsstatistikk 1989 (6). Tallene stemte for det meste meget bra, med unntak av Fornebu og Gardermoen. For Gardermoen del ligger tallene for 1989 mye lavere enn de innhentede dataene tilsier. Dette skyldes overføring av chartertrafikken til Fornebu sommeren 1989. Fornebu-tallene viser også en betydelig økning fra 1989 til 1990. Det

ble likevel valgt å ta 1989 som utgangspunkt, slik at landingene for alle flytypene ble justert etter totaltallene for 1989. Det ble videre valgt å bruke antall landinger som utgangspunkt for beregning av antall LTO-sykluser.

1.4 STANDARD FLYLENGDER

På grunnlag av Luftfartsverkets Luftfartsstatistikk 1989 (6) kan standard flylengder beregnes (timer i luft/antall landinger):

Ruteselskaper innenlands	37,25 min
Charter innenlands	69,7 "
Rute + charter innenlands	37,7 "
Ruteselskaper utenlands	106,5 "
Charter utenlands	103,5 "
Rute + charter utenlands	105,9 "
Standard flytid rutenfly + charter (i+u)	52,1 "

Timer i luft regnes fra flyplass til flyplass. Praksis for flyselskapene når de oppgir "timer i luft" er litt forskjellig, noen angir tid fra start motor til stopp motor, mens andre registrer timer i luft. En standard flybevegelse består av 1 LTO + 1 cruiselengde, (cruise) for innenlandstrafikk, og 1 LTO + 2 cruiselengder for utenlandstrafikk. Det antas at 105,9 min flytid for utenlandstrafikken representerer 2 flylengder i norsk territorium.

Det velges å knytte 1 cruiselengde på 52,1 min til hver LTO-bevegelse, uansett om det er en utenlandsflyvning eller innenlandsflyvning. Dette er gjort ut fra volumet flydrivstoff solgt i Norge i 1989.

Utslipppet i cruise-fasen vil bli for høyt for innenlandstrafikken, og for lavt for utenlandstrafikken. Dette tallet kommer på totalutslippet for de enkelte flyplasser, og det kan diskuteres om det er riktigere å tilegne utslippet til den flyplass

utenlandsflyet startet fra, eller å spre det jevnere utover. I løpet av 30 min flytid har flyet likevel passert områder som sogner til andre flyplasser. Standard flytid for utenlandsflyene er antatt å representere to ganger avstanden fra flyplassen til grensen for norsk område.

<u>Flypass</u>	<u>Antall LTO/år utenlands</u>
Fornebu	22 955
Gardermoen	1 958
Torp	845
Kjevik	1 828
Sola	6 046
Flesland	3 432
Værnes	532
Bodø	24
Svalbard	<u>57</u>
Sum	37 677
	=====

Standard flystrekning småfly:

(Linjetaxi + taxi + skole + gods + privat/klubb + annen flyvning, sum timer i luft/sum landinger)

= 33 min

Kontinentalsokkelflyvning og ambulanseflyvning holdes utenfor, idet disse antas å bestå av en stor andel helikoptre.

1.5 OVERFLYGNINGER

Standard flylengde for overflygninger beregnes ut fra gjennomsnittet av lengde og bredde av områdene for de fire stasjonene som registrerer overflygninger.

Standard flylengde for overflygninger = 400 km

Hvis samme fly flyr på langs av Norge, vil det således registreres flere ganger, og lengden beregnes som 400 km hver gang.

Utslippene for overflygninger beregnes som utslipp fra B737 i cruise-fasen. Med en hastighet på 850 km/h utgjør dette 30 minutter i flytid over hvert registreringsområde.

Antallet overflygninger for hver stasjon er registrert i de samme ukene som for flyplassene, og vektet til årsbasis som disse.

Utslipp fra overflygninger pr år:

	Antall	kg HC	kg CO	kg NO _x	tonn CO ₂	tonn fuel
Oslo	6931	624	22387	46923	23219	7485
Trondheim	557	50	1799	3771	1866	602
Stavanger	5980	538	19315	40485	20033	6458
Bodø	4043	364	13059	27371	13544	4366
Sum	17511	1576	56560	118549	58662	18911

Utslippene fra overflygninger legges til totalen ved den flyplass den ble registrert.

1.6 BEREGNING AV CO₂-UTSLIPP

Jetdrivstoff inneholder fra 13,6 til 14 vekt% hydrogen (9). Flybensin vil inneholde noe mer hydrogen enn jetdrivstoff, men for denne beregning er det relevant å anta 14 vekt% hydrogen og 86 vekt% karbon i begge typer bensin (7). En fullstendig forbrenning av all karbon til CO₂ vil således gi 3,153 kg CO₂ pr kg drivstoff. For å korrigere for den del av karbonet som danner HC og CO, brukes derfor faktoren 3,1.

$$\text{kg CO}_2 = 3,1 * \text{kg fuel}$$

1.7 BEREGNING AV NO_x-UTSLIPP

Ved bruk av utslippsfaktorer for NO_x er utslippene ved "Descent" og "Climb" redusert med 25%, og med 30% ved "Cruise". Dette fordi utslippsfaktorene er målt i bakkenivå, mens dannelsen av NO_x i høyden blir lavere pga forskjell i trykk og temperatur i ute-atmosfæren.

1.8 SALG AV JETDRIVSTOFF OG FLYBENSIN

Jetdrivstoff kan ha betegnelsen Jet A-1, JP 8 (militært), ATK (Aviation Turbine Kerosine), JP 4 (militært) og ATG (Aviation Turbine Gasoline). Propellfly bruker flybensin.

Salget av jetdrivstoff var for Norge i 1989 (8):

Totalt salg	:	661 500 m ³
Militært	:	153 056 m ³
Industri	:	300 m ³
Brukt av sivile fly, (inkl. helikoptre):		508 100 m ³

Ved en tetthet på 800 kg/m³ utgjør dette 406 500 tonn.

Salget av flybensin for Norge var i 1989(8):

Totalt salg	:	4 700 m ³
Militært	:	275 m ³
Brukt av sivile propellfly:		4 400 m ³

Ved en tetthet på 750 kg/m³ utgjør dette 3 320 tonn.

Forbruk av flybensin ut fra antall landinger og beregnet drivstoff-forbruk/standard flylengde:

Gruppe L2P:	12700 LTO/år, 83 kg fuel/LTO	:	1 059 tonn
Gruppe L1P:	126000 LTO/år, 17,57 kg fuel/LTO:		<u>2 214 tonn</u>
Sum		:	<u>3 273 tonn</u>

Totalt salg drivstoff til fly i Norge i 1989	:	410 000	tonn
Beregnet forbruk drivstoff totalt 1989	:	478 600	"
Beregnet forbruk ved overflygninger 1989	:	18 900	"
Beregnet forbruk drivstoff eks. overflygningen:	:	459 700	"

2 RESULTAT

2.1 UTSLIPP PR FLYPLASS OG TOTALT

Tabell 1 side 12-16 viser utslippene av HC, CO, NO_x og CO₂ samt drivstoff-forbruk fordelt på de enkelte flyplassene lokalt, regionalt og totalt. Lokalt utslipp omfatter utslipp opp til 300 fot (ca 100 m) over flyplassen. Dette vil omfatte en avstand fra flyplassen på ca 1 km. Regionalt utslipp omfatter utslipp opp til 3000 fot (ca 1000 m) over flyplassen. Dette vil omfatte en avstand fra flyplassen på ca 10 km. Totalt utslipp omfatter i tillegg til det foregående, utslippet fra en standard flystrekning knyttet til hver LTO-bevegelse på flyplassen. overflygning er med i totaltallet knyttet til den flyplass hvor registreringen foregår.

2.2 UTSLIPP FORDELT PÅ REGIONER

Tabell 2 side 17 viser de samme utslipp som ovenfor, fordelt på regionene Østlandet, Sør/Vestlandet og Trøndelag/Nord-Norge.

2.3 UTSLIPP FOR FLYTYPER 1989 og 1995

Tabell 3 side 18-20 viser de samme utslipp som ovenfor for hele Norge, fordelt på grupper flytyper. Prognosen for 1995 er basert på 4% årlig økning i antall LTO/år fra 1989, samt at alle DC9 er erstattet av MD80, og alle B737 av B737-500.

Tabell 1: Utslipp pr flyplass og totalt.

	1989 LTO	HC TOT	HC REG	HC LOK
	Antall	KG	KG	KG
FORNEBU	66510	182867	86000	73230
GARDERMOEN	15649	8979	4737	3721
RYGGE	6926	396	390	154
HAMAR	2771	360	360	281
DAGALI	997	153	153	102
LEIRIN	1948	455	335	246
TORP	26013	5811	5112	3922
SKIEN	8663	1565	1559	1297
NOTODDEN	1483	150	150	53
KJEVIK	17392	7493	4863	3895
LISTA	230	30	30	10
SOLA	39913	46198	24406	21123
KARMØY	6986	8433	5667	5193
STORD	1482	743	743	704
FLESLAND	41583	60711	32453	28159
SOGNDAL	2630	5445	5445	5254
FØRDE	4594	3737	3737	3569
FLØRØ	4835	7156	7147	6893
SANDANE	1630	2052	2052	1976
HOVDEN	2261	1752	1752	1584
VIGRA	8700	7510	4508	3814
MOLDE	4562	7346	4645	4202
KRISTIANSUND	4972	6292	4031	3638
RØROS	5133	2212	1440	1164
VÆRNES	26553	39663	23818	21118
ØRLAND	2700	326	319	120
RØRVIK	1087	1119	1119	1076
NAMSOS	2410	3537	3537	3406
BRØNNØYSUND	3815	8400	8400	8116
STOKKA	3093	7992	7992	7722
MO I RANA	4809	8414	8398	8078
MOSJØEN	3111	5813	5813	5617
BODØ	22677	58937	42447	39765
RØST	750	644	644	621
VÆRØY	581	516	516	498
LEKNES	2524	4284	4243	4091
SVOLVÆR	1936	5491	5491	5307
SKAGEN	2976	6867	6821	6585
EVENES	8646	23215	14161	12975
NARVIK	3854	5409	5321	5111
BARDUFOSS	6101	12106	7839	7027
ANDØYA	2620	2997	2723	2588
TROMSØ	16278	40444	24620	22471
ALTA	5980	13557	8803	8002
BANAK	3723	5208	4347	4125
KIRKENES	6354	9356	6862	6435
HASVIK	1087	544	544	174
SØRKJOSEN	1555	1284	1222	1158
HAMMERFEST	6021	7856	7828	7368
VALAN	2181	1967	1967	1894
MEHAMN	1557	1384	1384	1329
BERLEVÅG	1297	1161	1161	1122
BÅTSFJORD	1267	1140	1140	1102
VADSØ	4246	4379	4290	4116
VARDØ	1305	1157	1157	1110
SVALBARD	1960	884	513	361
TOTAL	432910	653893	417155	374773
	1989	HC TOT	HC REG	HC LOK
	LTO	KG	KG	KG

Tabell 1: Forts.

	1989 LTO	CO TOT	CO REG	CO LOK
	Antall	KG	KG	KG
FORNEBU	66510	1044942	517064	315520
GARDERMOEN	15649	110246	83207	27322
RYGGE	6926	31228	31146	5861
HAMAR	2771	9960	9960	2100
DAGALI	997	6125	6125	1221
LEIRIN	1948	10402	9348	2177
TORP	26013	138017	134582	28765
SKIEN	8663	31751	31662	7117
NOTODDEN	1483	11751	11751	2198
KJEVIK	17392	106524	77286	26354
LISTA	230	2309	2309	432
SOLA	39913	340574	162049	100304
KARMØY	6986	38019	22946	10956
STORD	1482	3131	3131	1286
FLESLAND	41583	382024	205613	119038
SOGNDAL	2630	10101	10101	7151
FØRDE	4594	12106	12106	5817
FLORØ	4835	13622	13487	9479
SANDANE	1630	4382	4382	2799
HOVDEN	2261	15692	15692	4474
VIGRA	8700	70503	29601	22673
MOLDE	4562	36061	13612	11063
KRISTIANSUND	4972	32871	14570	9695
RØROS	5133	30276	22915	7102
VÆRNES	26553	253253	137609	81782
ØRLAND	2700	23792	23749	4457
RØRVIK	1087	2466	2466	1540
NAMSOS	2410	7617	7617	4832
BRØNNØYSUND	3815	14168	14168	10782
STOKKA	3093	13516	13516	10261
MO I RANA	4809	18609	18379	11586
MOSJØEN	3111	9859	9859	7476
BODØ	22677	209776	110798	86274
RØST	750	1191	1191	848
VÆRØY	581	870	870	665
LEKNES	2524	8216	7621	5730
SVOLVÆR	1936	9122	9122	7021
SKAGEN	2976	12057	11384	8958
EVENES	8646	96673	46996	35901
NARVIK	3854	12957	11681	7734
BARDUFOSS	6101	69154	44536	20861
ANDØYA	2620	8939	7260	4068
TROMSØ	16278	167329	83204	62208
ALTA	5980	62776	42330	21367
BANAK	3723	13975	8644	6150
KIRKENES	6354	26101	15370	11724
HASVIK	1087	41523	41523	7761
SØRKJOSEN	1555	4756	3866	2185
HAMMERFEST	6021	35750	35342	14049
VALAN	2181	4038	4038	2660
MEHAMN	1557	3285	3285	1949
BERLEVÅG	1297	1883	1883	1483
BÅTSFJORD	1267	1850	1850	1457
VADSØ	4246	10838	9553	6354
VARDØ	1305	2857	2857	1649
SVALBARD	1960	16030	13280	3634
TOTAL	432910	3657843	2190493	1186311
	1989	CO TOT	CO REG	CO LOK
	LTO	KG	KG	KG

Tabell 1: Forts.

	1989 LTO	NOx TOT	NOx REG	NOx LOK
	Antall	KG	KG	KG
FORNEBU	66510	1537434	394096	176244
GARDERMOEN	15649	83293	22066	9733
RYGGE	6926	531	241	45
HAMAR	2771	114	114	22
DAGALI	997	40	40	7
LEIRIN	1948	3355	858	351
TORP	26013	6768	2344	685
SKIEN	8663	908	595	154
NOTODDEN	1483	28	28	0
KJEVIK	17392	119914	31031	13358
LISTA	230	5	5	0
SOLA	39913	567901	137881	61104
KARMØY	6986	16644	3363	1205
STORD	1482	217	217	64
FLESLAND	41583	549834	145091	64507
SOGNDAL	2630	1614	1614	505
FØRDE	4594	1113	1113	338
FLORØ	4835	2754	2275	729
SANDANE	1630	605	605	187
HOVDEN	2261	467	467	141
VIGRA	8700	189812	49602	21650
MOLDE	4562	65102	15818	6690
KRISTIANSUND	4972	50906	12291	5168
RØROS	5133	25621	6472	2748
VÆRNES	26553	380580	100284	44008
ØRLAND	2700	93	58	2
RØRVIK	1087	325	325	100
NAMSOS	2410	1050	1050	326
BRØNNØYSUND	3815	2497	2497	783
STOKKA	3093	2382	2382	748
MO I RANA	4809	3595	2779	906
MOSJØEN	3111	1723	1723	539
BODØ	22677	238472	61782	26699
RØST	750	186	186	57
VÆRØY	581	149	149	46
LEKNES	2524	4094	1985	714
SVOLVÆR	1936	1639	1639	515
SKAGEN	2976	5243	2857	1001
EVENES	8646	113389	30644	13513
NARVIK	3854	7672	3147	1180
BARDUFOSS	6101	57298	14877	6377
ANDØYA	2620	2869	1053	346
TROMSØ	16278	211873	57797	25475
ALTA	5980	38162	11063	4855
BANAK	3723	8137	2198	759
KIRKENES	6354	21936	6563	2744
HASVIK	1087	22	22	0
SØRKJOSEN	1555	4601	1446	590
HAMMERFEST	6021	4176	2730	911
VALAN	2181	567	567	174
MEHAMN	1557	396	396	122
BERLEVÅG	1297	335	335	103
BÅTSFJORD	1267	329	329	101
VADSØ	4246	7388	2831	1082
VARDØ	1305	331	331	102
SVALBARD	1960	9402	2456	1082
TOTAL	432910	4355890	1146711	501588
	1989	NOx TOT	NOx REG	NOx LOK
	LTO	KG	KG	KG

Tabell 1: Forts.

	1989 LTO	CO2 TOT	CO2 REG	CO2 LOK
	Antall	TONN	TONN	TONN
FORNEBU	66510	486821	110388	54320
GARDERMOEN	15649	25504	6053	2901
RYGGE	6926	466	99	13
HAMAR	2771	338	66	19
DAGALI	997	131	28	7
LEIRIN	1948	971	220	96
TORP	26013	5112	1063	373
SKIEN	8663	1564	309	105
NOTODDEN	1483	107	26	4
KJEVIK	17392	32143	7421	3451
LISTA	230	20	5	1
SOLA	39913	173570	36073	17429
KARMØY	6986	5623	1199	590
STORD	1482	687	133	56
FLESLAND	41583	168487	39638	19273
SOGNDAL	2630	5006	954	434
FØRDE	4594	3446	658	291
FLORØ	4835	6738	1294	583
SANDANE	1630	1890	362	161
HOVDEN	2261	1551	309	129
VIGRA	8700	50226	11670	5507
MOLDE	4562	16677	3788	1804
KRISTIANSUND	4972	13096	2963	1408
RØROS	5133	6781	1555	719
VÆRNES	26553	117017	26975	13040
ØRLAND	2700	221	55	9
RØRVIK	1087	1027	198	88
NAMSOS	2410	3257	621	280
BRØNNØYSUND	3815	7727	1471	671
STOKKA	3093	7350	1397	640
MO I RANA	4809	7982	1532	700
MOSJØEN	3111	5351	1020	462
BODØ	22677	105455	20930	10275
RØST	750	594	114	50
VÆRØY	581	476	92	40
LEKNES	2524	4607	911	415
SVOLVÆR	1936	5051	960	440
SKAGEN	2976	7071	1382	634
EVENES	8646	40944	9634	4791
NARVIK	3854	6409	1292	588
BARDUFOSS	6101	19271	4439	2167
ANDØYA	2620	2554	501	225
TROMSØ	16278	75887	17794	8797
ALTA	5980	17793	4145	2069
BANAK	3723	4264	848	393
KIRKENES	6354	11160	2481	1204
HASVIK	1087	283	87	22
SØRKJOSEN	1555	2172	465	212
HAMMERFEST	6021	7570	1487	662
VALAN	2181	1810	349	153
MEHAMN	1557	1271	246	107
BERLEVÅG	1297	1070	206	90
BÅTSFJORD	1267	1052	203	89
VADSØ	4246	5468	1117	505
VARDØ	1305	1062	205	89
SVALBARD	1960	2736	653	311
TOTAL	432910	1482917	330083	159888
	1989	CO2 TOT	CO2 REG	CO2 LOK
	LTO	TONN	TONN	TONN

Tabell 1: Forts.

	1989 LTO	FUELTOT	FUEL REG	FUEL LOK
	Antall	TONN	TONN	TONN
FORNEBU	66510	157041	35599	17543
GARDERMOEN	15649	8244	1967	946
RYGGE	6926	160	41	10
HAMAR	2771	112	24	8
DAGALI	997	43	10	3
LEIRIN	1948	315	73	32
TORP	26013	1682	367	140
SKIEN	8663	516	107	41
NOTODDEN	1483	36	10	2
KJEVIK	17392	10381	2405	1126
LISTA	230	7	2	0
SOLA	39913	55996	11637	5639
KARMØY	6986	1814	389	193
STORD	1482	223	42	19
FLESLAND	41583	54363	12783	6234
SOGNDAL	2630	1617	307	142
FØRDE	4594	1116	213	97
FLORØ	4835	2178	414	192
SANDANE	1630	612	116	53
HOVDEN	2261	503	98	43
VIGRA	8700	16200	3759	1781
MOLDE	4562	5375	1221	583
KRISTIANSUND	4972	4222	956	456
RØROS	5133	2191	506	236
VÆRNES	26553	37757	8704	4220
ØRLAND	2700	74	21	4
RØRVIK	1087	333	63	29
NAMSOS	2410	1053	200	92
BRØNNØYSUND	3815	2496	473	219
STOKKA	3093	2374	451	208
MO I RANA	4809	2577	495	228
MOSJØEN	3111	1729	327	151
BODØ	22677	34029	6743	3325
RØST	750	192	36	17
VÆRØY	581	154	29	13
LEKNES	2524	1489	292	136
SVOLVÆR	1936	1631	310	143
SKAGEN	2976	2284	445	206
EVENES	8646	13210	3105	1548
NARVIK	3854	2071	415	193
BARDUFOSSE	6101	6216	1434	700
ANDØYA	2620	826	159	74
TROMSØ	16278	24486	5736	2844
ALTA	5980	5744	1335	669
BANAK	3723	1377	271	129
KIRKENES	6354	3606	793	393
HASVIK	1087	91	30	6
SØRKJOSEN	1555	702	148	69
HAMMERFEST	6021	2447	475	217
VALAN	2181	587	110	51
MEHAMN	1557	412	77	36
BERLEVÅG	1297	347	65	30
BÅTSFJORD	1267	341	64	30
VADSØ	4246	1768	356	166
VARDØ	1305	344	64	30
SVALBARD	1960	882	211	100
TOTAL	432910	478576	106478	51798
	1989	FUELTOT	FUEL REG	FUEL LOK
	LTO	TONN	TONN	TONN

Tabell 2: Utslipp fra fly i 1989 fordelt på regioner.

	1989 LTO	HC TOT	HC REG	HC LOK
	ANTALL	TONN	TONN	TONN
ØSTLANDET	130958	200	99	83
SØRVESTLAND	141768	165	101	90
TRØNDELAG	160184	288	217	202
NORDNORGE				
TOTAL	432910	653	417	375

		CO TOT	CO REG	CO LOK
		TONN	TONN	TONN
ØSTLANDET		1394	835	392
SØRVESTLAND		1068	587	332
TRØNDELAG		1196	769	463
NORDNORGE				
TOTAL		3658	2191	1187

		NOx TOT	NOx REG	NOx LOK
		TONN	TONN	TONN
ØSTLANDET		1632	420	187
SØRVESTLAND		1567	401	176
TRØNDELAG		1157	325	139
NORDNORGE				
TOTAL		4356	1146	502

		CO2 TOT	CO2 REG	CO2 LOK
		TONN	TONN	TONN
ØSTLANDET		521014	118253	57838
SØRVESTLAND		479160	106466	51115
TRØNDELAG		482743	105364	50934
NORDNORGE				
TOTAL		1482917	330083	159888

		FUELTOT	FUEL REG	FUEL LOK
		TONN	TONN	TONN
ØSTLANDET		168151	38198	18727
SØRVESTLAND		154607	34340	16557
TRØNDELAG		155819	33940	16514
NORDNORGE				
TOTAL		478576	106478	51798

Tabell 3: Utslipp fra fly fordelt på grupper 1989 og 1995.

UTSLIPP FRA FLY FORDELT PÅ GRUPPER 1989 OG 1995					
FLYBETEGNELSEN ER REPRESENTATIV FOR GRUPPEN					
	LTO 1989	KAT			
AS350	6000	H1T	0	0	0
S61	19000	H2T	0	0	0
PA28	126000	L1P	6300	6300	2520
B73S	7800	L2J	8268	3822	2886
DC9	40000	L2J 1	251200	119600	107600
B737	57800	L2J 2	61268	28322	21386
MD80	12300	L2J 3	54735	15621	11070
PA31	12700	L2P	6350	6350	2032
FK27	13600	L2T	28832	19312	17952
FK50	21700	L2T	46004	30814	28644
DH6	83000	L2T	74700	74700	72210
B727	1400	L3J	2226	1036	784
BA46	1100	L4J	1441	737	726
DH7	30500	L4T	110105	110105	106445
TOTAL	432900	FLY	651429	416719	374255
	LTO	KAT	HC TOT	HC REG	HC LOK
	1989		KG	KG	KG
DENNE TOTALEN INNEHOLDER IKKE OVERFLYVINGER					
	LTO 1995	KAT			
AS350	7600	H1T	0	0	0
S61	24000	H2T	0	0	0
PA28	159400	L1P	7970	7970	3188
B73S	9900	L2J	10494	4851	3663
MD80	50600	L2J 3	225170	64262	45540
B737-500	73100	L2J 2	60673	38012	33626
MD80	15600	L2J 3	69420	19812	14040
PA31	16100	L2P	8050	8050	2576
FK27	17200	L2T	36464	24424	22704
FK50	27500	L2T	58300	39050	36300
DH6	105000	L2T	94500	94500	91350
B727	1800	L3J	2862	1332	1008
BA46	1400	L4J	1834	938	924
DH7	38600	L4T	139346	139346	134714
TOTAL	547800		715083	442547	389633
	LTO	FLY	HC TOT	HC REG	HC LOK
	1995	KAT	KG	KG	KG
DENNE TOTALEN INNEHOLDER IKKE OVERFLYVINGER					

Tabell 3: Forts.

UTSLIPP FRA FLY FORDELT PÅ GRUPPER 1989 OG 1995						
FLYBETEGNELSEN ER REPRESENTATIV FOR GRUPPEN						
AS350	0	0	0	0	0	0
S61	0	0	0	0	0	0
PA28	511560	511560	95760	2520	2520	0
B73S	100776	36270	31512	309270	80574	35334
DC9	1028400	450000	379200	870000	242800	114400
B737	746776	268770	233512	2291770	597074	261834
MD80	170109	52152	39729	461742	120909	53751
PA31	485140	485140	90678	254	254	0
FK27	89080	34000	26656	52904	8024	2312
FK50	142135	54250	42532	84413	12803	3689
DH6	121180	121180	95450	21580	21580	6640
B727	27132	9772	8484	83272	21700	9520
BA46	13948	4917	4576	17556	3113	2684
DH7	178730	178730	139995	32940	32940	10370
TOTAL	3614966	2206741	1188084	4228221	1144291	500534
	CO TOT	CO REG	CO LOK	NOx TOT	NOx REG	NOx LOK
	KG	KG	KG	KG	KG	KG
DENNE TOTALEN INNEHOLDER IKKE OVERFLYVINGER						
AS350	0	0	0	0	0	0
S61	0	0	0	0	0	0
PA28	647164	647164	121144	3188	3188	0
B73S	127908	46035	39996	392535	102267	44847
MD80	699798	214544	163438	1899524	497398	221122
B737-500	1421064	836264	730269	1380859	313599	144007
MD80	215748	66144	50388	585624	153348	68172
PA31	615020	615020	114954	322	322	0
FK27	112660	43000	33712	66908	10148	2924
FK50	180125	68750	53900	106975	16225	4675
DH6	153300	153300	120750	27300	27300	8400
B727	34884	12564	10908	107064	27900	12240
BA46	17752	6258	5824	22344	3962	3416
DH7	226196	226196	177174	41688	41688	13124
TOTAL	4451619	2935239	1622457	4634331	1197345	522927
	CO TOT	CO REG	CO LOK	NOx TOT	NOx REG	NOx LOK
	KG	KG	KG	KG	KG	KG
DENNE TOTALEN INNEHOLDER IKKE OVERFLYVINGER						

Tabell 3: Forts.

UTSLIPP FRA FLY FORDELT PÅ GRUPPER 1989 OG 1995						
FLYBETEGNELSEN ER REPRESENTATIV FOR GRUPPEN						
AS350	0	0	0	0	0	0
S61	0	0	0	0	0	0
PA28	6300	1260	0	2214	567	111
B73S	79716	18642	8814	25707	6007	2848
DC9	376000	94000	49200	121338	30301	15848
B737	590716	138142	65314	190497	44515	21106
MD80	133455	31488	15375	43049	10165	4978
PA31	3302	1016	254	1059	345	65
FK27	12784	2448	1224	4105	790	396
FK50	20398	3906	1953	6549	1260	632
DH6	68890	13280	5810	22325	4162	1946
B727	21462	5026	2380	6921	1617	767
BA46	7337	1045	407	2368	336	131
DH7	101260	19215	8845	32684	6217	2870
TOTAL	1421620	329468	159576	458817	106282	51698
	CO2 TOT	CO2 REG	CO2 LOK	FUEL TOT	FUEL REG	FUEL LOK
	TONN	TONN	TONN	TONN	TONN	TONN
DENNE TOTALEN INNEHOLDER IKKE OVERFLYVINGER						
AS350	0	0	0	0	0	0
S61	0	0	0	0	0	0
PA28	7970	1594	0	2801	717	140
B73S	101178	23661	11187	32628	7625	3615
MD80	549010	129536	63250	177094	41817	20478
B737-500	555560	126463	66521	179095	40717	21418
MD80	169260	39936	19500	54598	12892	6313
PA31	4186	1288	322	1342	437	82
FK27	16168	3096	1548	5191	999	501
FK50	25850	4950	2475	8300	1597	801
DH6	87150	16800	7350	28242	5266	2462
B727	27594	6462	3060	8899	2079	986
BA46	9338	1330	518	3014	427	166
DH7	128152	24318	11194	41364	7868	3632
TOTAL	1681416	379434	186925	542570	122441	60595
	CO2 TOT	CO2 REG	CO2 LOK	FUEL TOT	FUEL REG	FUEL LOK
	TONN	TONN	TONN	TONN	TONN	TONN
DENNE TOTALEN INNEHOLDER IKKE OVERFLYVINGER						

3 DISKUSJON

Totaltallet for solgt kvantum drivstoff til sivile fly i Norge ligger 10% under beregnet forbruk drivstoff. Beregnet forbruk drivstoff kan reduseres ved å bruke en kortere standard flylengde. Standard flylengde ble valgt ut fra Luftfartsverkets Luftfartsstatistikk (6).

Mange valg under beregningene gir opphav til usikkerhet, først og fremst gjelder dette tidsangivelsene under LTO-syklusen. Tomgangstiden (ventetiden) på de enkelte flyplasser vil variere, det ble her valgt tider knyttet til de enkelte flytypene. Dette innebærer at en antar at et stort passasjerfly oftest trafikkerer de store flyplassene med lengre ventetid enn de små.

Utslippsfaktorene kan også variere for samme flytype med ulike type motor. Det har ikke vært mulig å identifisere de ulike typer av f.eks. B737 på de enkelte flyplassene. Flygelederne angir at de selv ofte ikke kan gjøre dette når det er mørkt. Usikkerheten forbundet med dette anses ikke vesentlig i forhold til andre forhold.

Jetmotorer er underlagt sertifisering der utslippsmålinger er nødvendig. Dette er ikke tilfelle for turboprop og propellmotorer. Dette fører til at utslippsfaktorene for turboprop og propellfly er mer usikre enn for jetflyene.

4 REFERANSER

- (1) Aircraft Type Designators. Doc 8643/20. 20th edition, august 1989. International Civil Aviation Organization.
- (2) Handbook of Emission Factors. Vol. 1, Non Industrial Sources. Ministry of Health and Environmental Protection, Government Publishing Office, The Hague 1980.
- (3) Westerberg, Jan: Avgasemissioner - civil flygtrafik. Luftfartsverket/Verksstaben, Norrköping 1987.

- (4) Regneark med cruisedata for ulike typer fly, overlevert fra Jan Westerberg august 1990.
- (5) ICAO ENGINE EXHAUST EMISSIONS DATABANK, ICAO Committee on Aviation Environmental Protection, Working Group 3 Meeting, Oct. 1989, Mariehamn, Åland, and Addendum from Meeting March 1990, Bath, UK.
- (6) Luftfartsverkets Luftfartsstatistikk 1989 (midlertidig utgave), med korreksjonsark, mottatt 31.07.1990.
- (7) Personlig meddelelse fra Elisabeth Christophersen, Norol.
- (8) Personlig meddelelse fra Norsk Petroleumsinstitutt, sept. 1990.
- (9) Jerløv, M., Løvblad, G.: Flygmotorbrenslen. IVL-rapport nr. B 839. Gøteborg 1986.
- (10) Nielsen, H.L., Michelsen, N.: Luftforurening fra flytrafik i Danmark. Statens Luftfartsvæsen. Danmark 1990.
- (11) Calander, K. et al: Underlag til: Miljømål for den civila flygtrafiken i Sverige. IVL-rapport nr. L90/08. Gøteborg 1990.
- (12) Flyget och miljøn. Luftfartsverket A484/88-0199. Norrkøping 1990.
- (13) Naturressurser og Miljø 1989. Rapport nr. 90/1. Statistisk Sentralbyrå, Oslo 1990.

