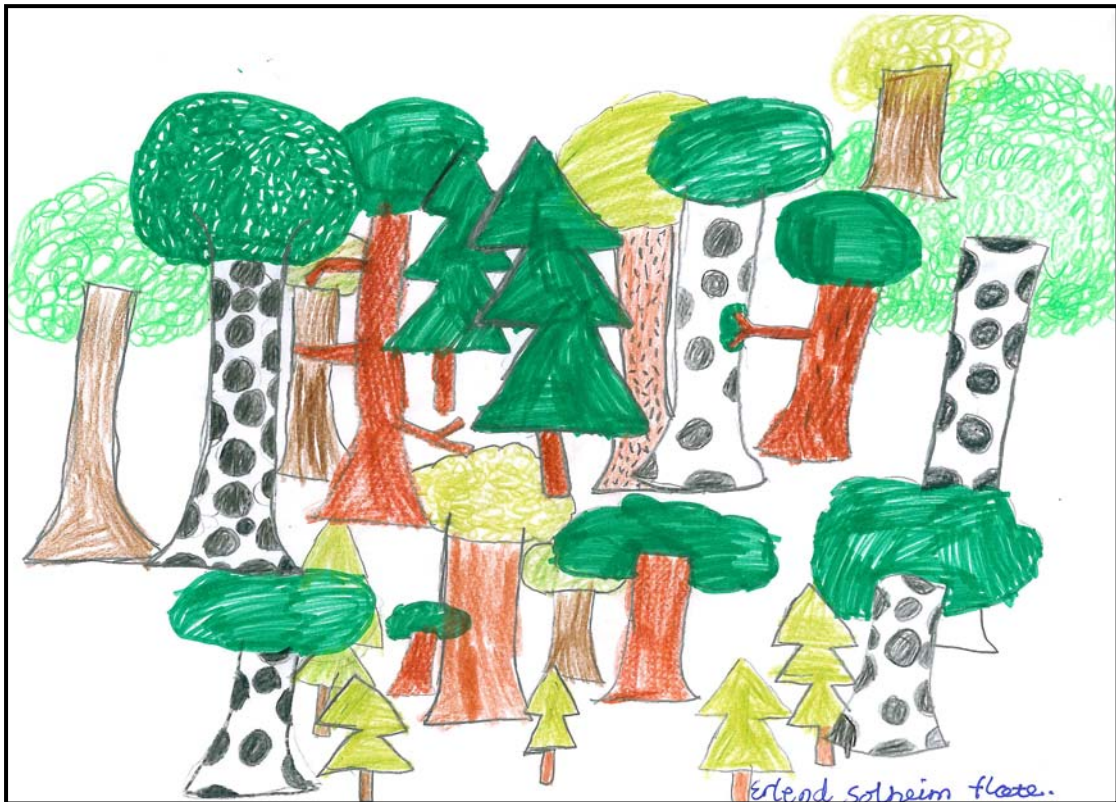


# Energiforbruk og utslipp fra skogproduksjonskjeden med utgangspunkt i aktivitetsdata fra 2007 - fra frø til industritomt

## Working paper



Per Otto Flæte

Norsk institutt for skog og landskap

Ås, 22.01.2009

# Innhold

Innledning.....	2
Grunnlagsdata og beregninger .....	3
Energi .....	4
Utslipp fra forbrenning av fossile energibærere.....	5
Presentasjon av resultater .....	5
Skogproduksjonskjeden .....	6
Skogfrøproduksjon .....	7
Produksjon av skogplanter .....	8
Bruk av plantevernmidler i skogplanteskolene .....	9
Skogkultur .....	10
Markberedning .....	10
Foryngelse og etablering .....	11
Skogplanting.....	12
Ungskogpleie.....	13
Sprøyting .....	14
Stammekvisting.....	15
Gjødsling .....	15
Avvirkning og terrengtransport.....	16
Avvirkning .....	16
Terrengtransport .....	17
Tømmertransport på bilvei .....	18
Andre prosesser .....	20
Skogbruksplanlegging.....	20
Grøfting .....	20
Veibygging/-vedlikehold.....	20
Traktorveier .....	20
Skogsbilveier.....	21
Administrasjon/skogforvaltning.....	21
Avsluttende kommentarer .....	22
Litteratur.....	23
<i>Tabell 4. Beregnet energiforbruk og utslipp .....</i>	<i>26</i>
Vedlegg 1 - Utslippsfaktorer .....	27

## Innledning

I dag kreves det i økende grad miljødeklarasjoner for produkter som dokumentasjon for å vurdere deres miljøegenskaper. Treprodukter er i så måte intet unntak. En miljødeklarasjon skal dokumentere ressursforbruk og miljøpåvirkning gjennom hele produktets livsløp. Dette gjelder både framskaffing av råvare, produksjon/konstruksjon, bruksfase og avhending. Treprodukter skiller seg fra mange andre produkter når det gjelder råvarefasen fordi denne fasen er svært langvarig. Det kan gjerne ta mer enn 100 år fra et skogfrø spirer til tømmeret ligger på industritomt. I et så langsiktig perspektiv er det åpenbart at det tømmeret som blir avvirket på et areal vil ha blitt produsert under andre omstendigheter enn det tømmeret som avvirkes fra samme areal i neste omløp. Vi skal ikke så mange tiårene tilbake i tid før all hogst ble gjennomført med håndkraft med øks og svans, og alt transportarbeid ble utført med hest eller fløting. Til tross for det lange tidsforløpet skal i utgangspunktet miljøbelastningen av alle delprosesser over hele livsløpet (fra vugge til grav) kvantifiseres. For skogproduksjonskjeden, som dekker råvarefasen skal derfor miljøbelastningene knyttet til å framskaffe for eksempel 1 m<sup>3</sup> sagtømmer på sagbrukstomt dekke alle prosesser fra frø til industritomt. Det er åpenbart at det vil være store usikkerheter knyttet til et miljøregnskap for det tømmeret som leveres til industri i dag. For det første så har, som tidligere nevnt, utviklingen innenfor skognæringen bidratt til at det skogbruket vi har i dag, er helt annerledes enn det man hadde ved starten på livsløpet til dette råstoffet. For det andre vil historiske data for dette være svært vanskelig å framskaffe. For å unngå usikkerheter knyttet til den lange tidshorisonten i skogproduksjonskjeden, er kvantifisering av energiforbruk og utslipp for de ulike delprosessene basert på samlet aktivitetsdata for norsk skogbruk innefor samme kalenderår benyttet. Det kan blant annet argumenteres for dette ut fra at ved sluttavvirkning på et skogareal, er skogeieren gjennom blant annet lovverk ansvarlig for at arealet forynges med ny skog på en tilfredsstillende måte. Dette innebærer at sluttavvirkning initierer de ulike prosessene innen primærproduksjonen i skogbruket. Et annet moment er at det fra tidligere undersøkelser er påvist at størstedelen av energiforbruk og utslipp er knyttet til forbrenning av fossile brensler. Utviklingen innenfor skogbruket, i likhet med andre næringer, er at forbruket av fossilt brensel har økt som følge av økt mekaniseringsgrad. Dette impliserer at å basere energiforbruk og utslipp knyttet til dagens situasjon, vil gi høyere energiforbruk og utslipp enn å basere seg på historiske data. Følgelig vil ikke energiforbruket og utslippene ved en slik tilnærming underestimeres i forhold til å benytte historiske data.

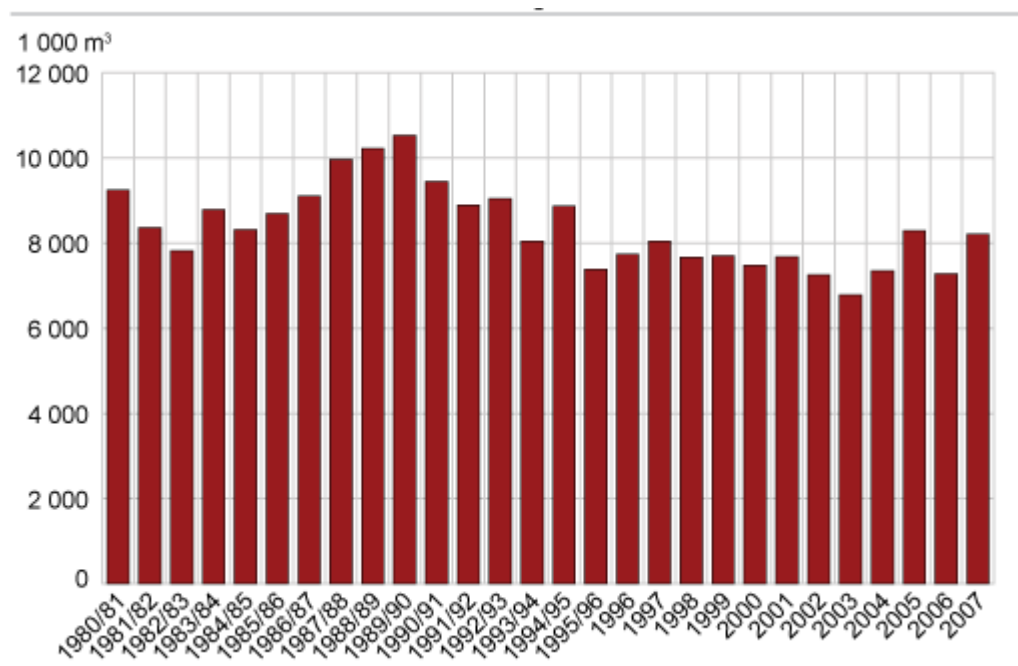
Ved utarbeidelse av miljødeklarasjoner er det åpning for å benytte produktspesifikke data og generiske data. For skogbrukets del vil produktspesifikke data kunne være på skogeier- eller skogeierforeningsnivå. Generiske data er data som hentes fra en database som representerer generelle prosesser. Ved utarbeidelse av miljødeklarasjoner er produktspesifikke data å foretrekke for å sikre at dataene i størst mulig grad representerer produktet. I Norge finnes det ikke noen oversikt over livsløpsdata for skogproduksjonskjeden. Dette betyr at ved utarbeidelse av miljødeklarasjoner, må det innhentes produktspesifikke data for skogbruksdelen. Alternativet kunne være å hente data fra andre land, men selv om vi beveger oss så kort som til vårt naboland Sverige, så er det forskjeller i hvordan skogbruket gjennomføres i praksis som kan bidra til at dataene ikke blir representative for norske forhold.

Hovedhensikten med denne rapporten er å framskaffe data som kan benyttes som en pekepinn ved utarbeidelse av miljødeklarasjoner for heltreprodukter. I mange tilfeller er slike data vanskelig å få tilgang til uten mer omfattende undersøkelser. For noen delprosesser har det derfor ikke vært tilstrekkelig grunnlag for å beregne energiforbruk og utslipp, i andre tilfeller er det gjennomført beregninger selv om datagrunnlaget er sparsomt. Det må derfor understrekes at denne rapporten er tenkt som et ”working paper”. I det ligger det at den bør

oppdateres etter hvert som mer oppdatert datatilfang om skogbrukets energiforbruk og utslipp blir tilgjengelig.

## Grunnlagsdata og beregninger

Data for årsavvirkning og aktivitetsnivået knyttet til ulike delprosesser i skogbrukskjeden er i hovedsak hentet fra Statistisk sentralbyrå (SSB 2008) for kalenderåret 2007. Den samlede avvirkningen av industrivirke var 8,2 mill m<sup>3</sup> i 2007. Avvirkningen i 2007 var noe høyere enn i 2006 (7,4 mill m<sup>3</sup>), men sett over en lengre periode synes 8,2 mill m<sup>3</sup> å være et representativt volum (Figur 1). Industrivirke defineres som alt avvirket skogsvirke som kan videreføres, det vil si alt virke med unntak av ved til brensel. Fra og med driftsåret 1986/87 ble "industrivirke" innført som begrep i stedet for "tømmer og kubbe" som ble nytted tidligere (SSB 2008). I tillegg kommer forbruk av ved i husholdningene som er estimert til 2,8 mill m<sup>3</sup>, slik at samlet avvirkning i 2007 var 11,0 mill m<sup>3</sup>.



Figur 1. Avvirket kvantum av industrivirke for salg, 1980/81-2007. 1 000 m<sup>3</sup>. (Kilde SSB (2008))

I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i at den funksjonelle enheten er 1 m<sup>3</sup> sagtømmer under bark (råstoff for heltreprodukter). I en del sammenhenger er beregninger gjort basert på at utslipp knyttet til en prosess er fremkommet ved å beregne totalt utslipp knyttet til prosessen i 2007 og dividere dette med hele årsavvirkningen av industrivirke (gjelder prosesser innen skogbrukets primærproduksjon, d.v.s. frem til avvirkning). Dette impliserer bruk av volumallokering (partisjonering), d.v.s. ingen vektning av utslippene i forhold til tømmerets anvendelsesområde. I beregninger av energiforbruk pr. m<sup>3</sup> foretatt i denne rapporten er kun industrivirke inkludert. Alternativt kunne beregningene vært utført med utgangspunkt i total avvirkning, d.v.s. både industrivirke og ved til husholdningene.

En stor del av rapporten er basert på grunnlagsmateriale fra prosjekter og lang tids erfaring ved seksjon driftsteknikk ved Norsk institutt for skog og landskap (Skog og landskap). Takk til Jørn Lileng, Leif Kjóstelsen, Morten Nitteberg, Erlend Ystrøm Haartveit og Kjersti Holt

Hanssen ved Skog og landskap og til Tore Molteberg ved Det Norske Skogselskap for hjelp med framskaffing av data!

## Energi

Verdier for energiinnhold og tetthet for ulike energibærere er hentet fra SSB (2008). Det er det teoretiske energiinnholdet som er benyttet (Tabell 1).

Tabell 1. Energiinnhold, tetthet og virkningsgrad (Kilde: SSB (2008))

Energibærer	Teoretisk energiinnhold <sup>1</sup>	Tetthet	Virkningsgrader		
			Industri og bergverk	Transport	Annet forbruk
Kull	28,1 GJ/tonn	..	0,80	0,10	0,60
Kullkoks	28,5 GJ/tonn	..	0,80	-	0,60
Petrolkoks	35,0 GJ/tonn	..	0,80	-	-
Råolje	42,3 GJ/tonn = 36,0 GJ/m <sup>3</sup>	0,85 tonn/m <sup>3</sup>	..	..	..
Raffinerigass	48,6 GJ/tonn	..	0,95	..	0,95
Naturgass (2007) <sup>2</sup>	39,7 GJ/1000 Sm <sup>3</sup>	0,85 kg/Sm <sup>3</sup>	0,95	..	0,95
Flytende propan og butan (LPG)	46,1 GJ/tonn = 24,4 GJ/m <sup>3</sup>	0,53 tonn/m <sup>3</sup>	0,95	..	0,95
Brenngass	50,0 GJ/tonn	..	..	..	..
Bensin	43,9 GJ/tonn = 32,5 GJ/m <sup>3</sup>	0,74 tonn/m <sup>3</sup>	0,20	0,20	0,20
Parafin	43,1 GJ/tonn = 34,9 GJ/m <sup>3</sup>	0,81 tonn/m <sup>3</sup>	0,80	0,30	0,75
Diesel-, gass- og lett fyringsolje	43,1 GJ/tonn = 36,2 GJ/m <sup>3</sup>	0,84 tonn/m <sup>3</sup>	0,80	0,30	0,80
Tungdestillat	43,1 GJ/tonn = 37,9 GJ/m <sup>3</sup>	0,88 tonn/m <sup>3</sup>	0,80	0,30	0,70
Tungolje	40,6 GJ/tonn = 39,8 GJ/m <sup>3</sup>	0,98 tonn/m <sup>3</sup>	0,90	0,30	0,75
Metan/Deponigass	50,2 GJ/tonn	..	..	..	..
Ved	16,8 GJ/tonn = 8,4 GJ/fast m <sup>3</sup>	0,5 tonn/fm <sup>3</sup>	0,65	-	0,65
Treavfall (tørrstoff)	16,25-18 GJ/tonn = 6,5-7,2 GJ/fm <sup>3</sup>	0,4 tonn/fm <sup>3</sup>	..	..	..
Avfall	10,5 GJ/tonn	..	..	..	..
Elektrisitet	3,6 GJ/MWh	..	1,00	1,00	1,00
Uran	430-688 TJ/tonn	..	..	..	..

<sup>1</sup> Det teoretiske energiinnholdet kan variere for den enkelte energivare; verdiene er derfor gjennomsnittsverdier.

<sup>2</sup> Sm<sup>3</sup> = standard kubikkmeter (15 °C og 1 atmosfæres trykk).

Kilder: Energistatistikk, Statistisk sentralbyrå, Norsk Petroleumsinstitutt, Kjelforeningen - Norsk Energi og Norges byggforskningsinstitutt.

## ***Utslipp fra forbrenning av fossile energibærere***

Utslippsfaktorene for beregning av utslipp er hentet fra Aasestad (2008), og er listet opp i tabellene i vedlegg 1. Det er beregnet utslipp av drivhusgassene karbondioksid (CO<sub>2</sub>), lystgass (N<sub>2</sub>O) og metan (CH<sub>4</sub>), samt de forsurende gassene nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>), svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) og ammonium (NH<sub>3</sub>). Dessuten er utslipp av svevestøv med partikkeldiameter mindre enn 10 µm (PM<sub>10</sub>) beregnet.

Alle beregninger av energiforbruk og utslipp knyttet til drivstofforbruk er basert på ”tank-to-wheel” analyse, det vil si at oppstrøms energiforbruk og utslipp ikke er inkludert.

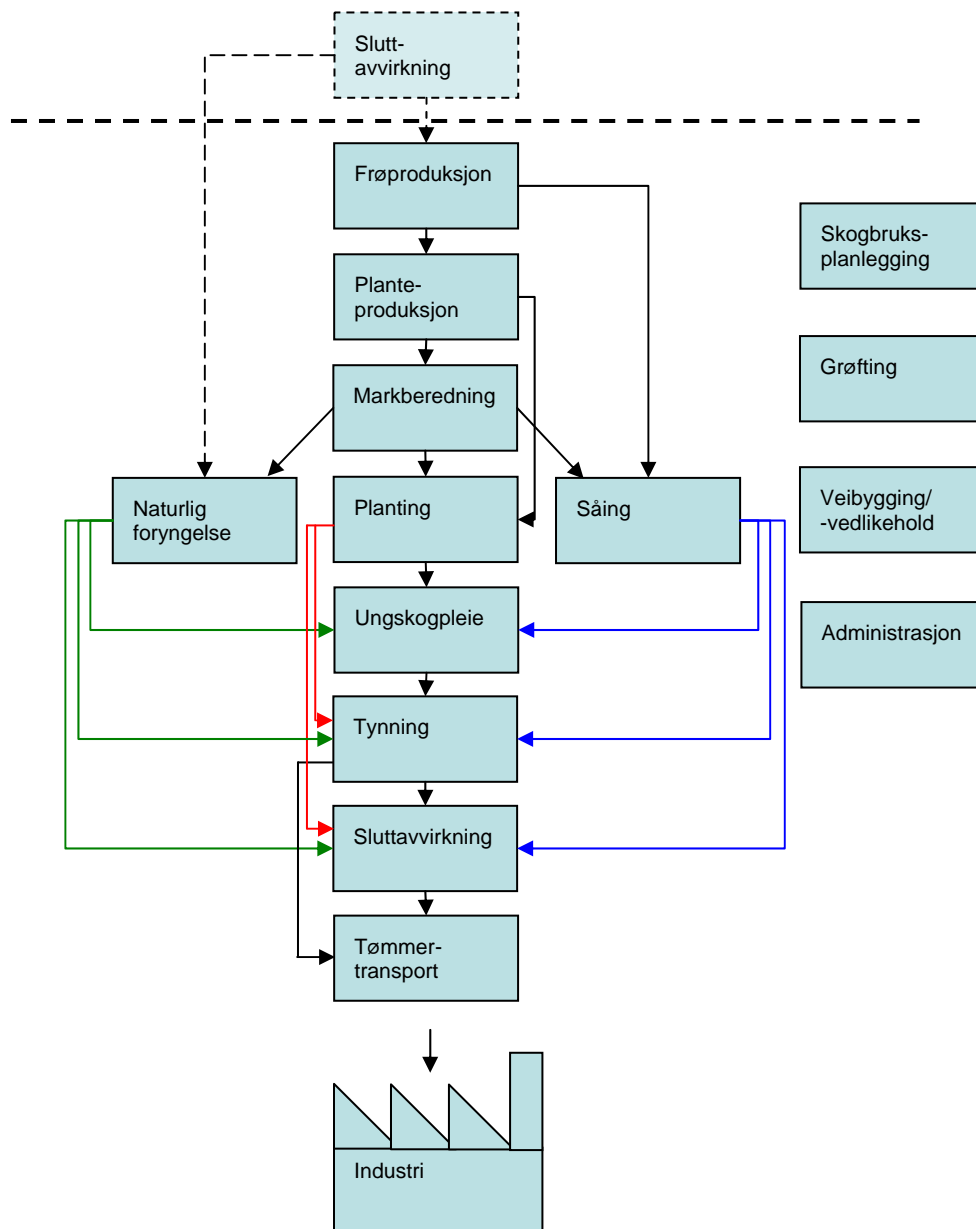
## ***Presentasjon av resultater***

Energiforbruk for de ulike delprosessene er beregnet i den løpende teksten. I tillegg er energiforbruk og utslipp pr. m<sup>3</sup> sagtømmer oppsummert i Tabell 4.

## Skogproduksjonskjeden

Figur 2 viser en skjematisk oversikt over skogproduksjonskjeden fra frø til industritomt. Det kan være stor variasjon både innen og mellom skogeiendommer hvordan den praktiske driften av skogen gjennomføres. På enkelte arealer kan det praktiseres et rent høstningsskogbruk, som innebærer at det så å si ikke gjennomføres andre tiltak enn sluttavvirkning. Det andre ytterpunktet er skogarealer som drives intensivt med hyppige tiltak for å fremme tømmerproduksjonen. Et annet aspekt som bidrar til å skape stor variasjon er at en og samme delprosess (skogbrukstiltak) kan gjennomføres på vidt forskjellige måter. Dette skyldes blant annet at alle tiltak skal gjennomføres etter de biologiske forholdene på et areal, og disse kan variere betydelig fra sted til sted.

En del tiltak, slik som skogbruksplanlegging, grøfting (praktiseres nesten ikke lenger), veibygging/-vedlikehold etc. (Figur 2), er prosesser som til en viss grad kan gjennomføres uavhengig av de andre prosessene.



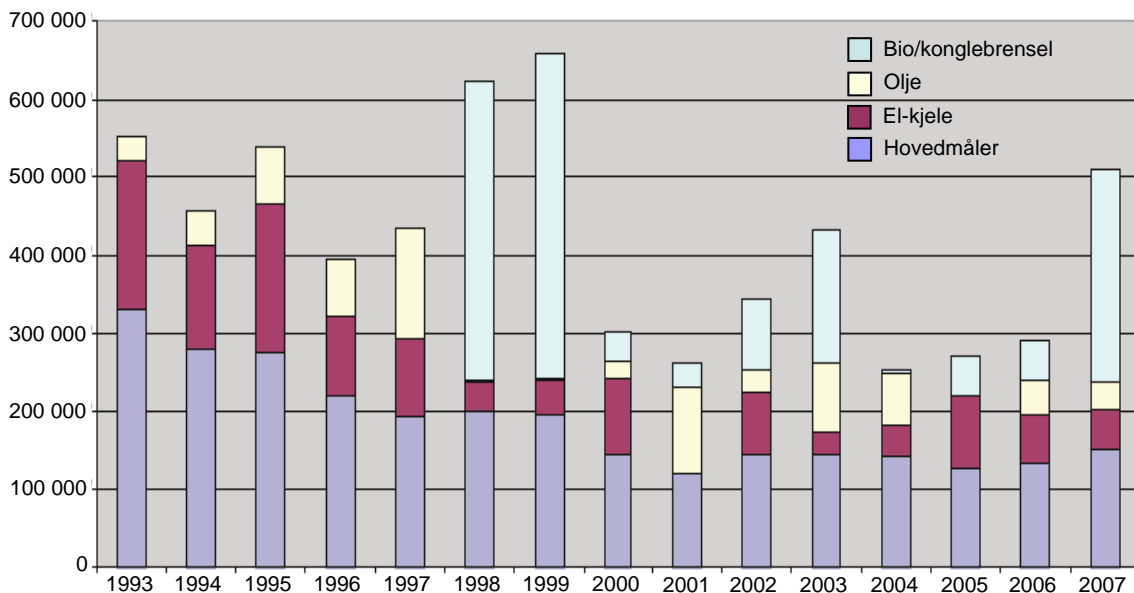
Figur 2. Flytskjema for skogproduksjonskjeden - fra frø til industritomt.

## Skogfrøproduksjon

Skogfrøverket (Stiftelsen Det norske Skogfrøverk) på Hamar har det utøvende ansvar for å sikre en kvalitativ og kvantitativ god skogfrøforsyning innenfor gjeldende rammer, regler og retningslinjer gitt av Landbruks- og matdepartementet. Stiftelsens ansvar for frøforsyningen er regulert gjennom "Avtale om frøforsyning og frøverksdrift" fra 1995. Skogfrøverket skal drive ordinær frøverksdrift som omfatter bl.a. sanking av kongler og frø samt framstilling og omsetning av skogfrø. Skogfrøverket skal også utføre ulike forvaltningsoppgaver. Forvaltningsoppgavene omfatter bl.a. kontrollfunksjoner, informasjonsarbeid og frøavl.

Fra Skogfrøverkets årsmelding 2007: "Av en total sankekvote på 120 tonn grankongler mottok Skogfrøverket 119 213 kg kongler i sesongen 2006/07 der 47 677 kg var sanket i frøplantasjer og 71 536 kg var sanket i naturlige bestand. Dette gav henholdsvis 1 728,89 og 1 853,09 kg frø. Særdeles god frømodning kombinert med en mer skånsom rensing og avvinging av frø har ført til at frøet fra 2006 kan leveres med en spireevne mellom 95 og 100 %. I Nordland var det meldt om svak til god konglesetting, men bare 171 kg kongler ble sanket i dette området som gav 3,44 kg frø. Den gode måloppnåelsen skyldes stort engasjement, god planlegging og godt samarbeid av alle involverte parter enten det var Fylkesmannen, kommunene, skogbruksledere, entreprenører, skogselskap, planteskoler og flere. Det ble mottatt 5 501 kg furukongler i sesongen 2006/07. Av dette var 46 kg sanket i Finnmark, 1 071 kg i Sør- og Nord-Trøndelag og 4 384 kg i Oppland og Hedmark. Totalt gav dette 85,14 kg frø av god kvalitet."

I årsmeldingen er også energiforbruket ved Skogfrøverket omtalt: "Det samlede forbruket av olje og strøm har vært stabilt de siste 10 årene. Når det er forbrukstopper, under klenging og i kuldeperioder, hentes energien fra Skogfrøverkets automatiske fyranlegg for kongler."



Figur 3. Totalt energiforbruk (KWh) ved Skogfrøverket 1993 – 2007. (Kilde: Skogfrøverket (2008)).

Av Figur 3 går det fram at det totale energiforbruket var på omlag 1 836 GJ (510 000 KWh) ved Skogfrøverket i 2007. Av dette utgjorde om lag 720 GJ (200 000 kWh) elektrisitet (el-



kjele og hovedmåler), om lag 144 GJ (40 000 kWh) olje. Resterende del, om lag 972 GJ (270 000 kWh), var av bioenergi (konglebrensel).

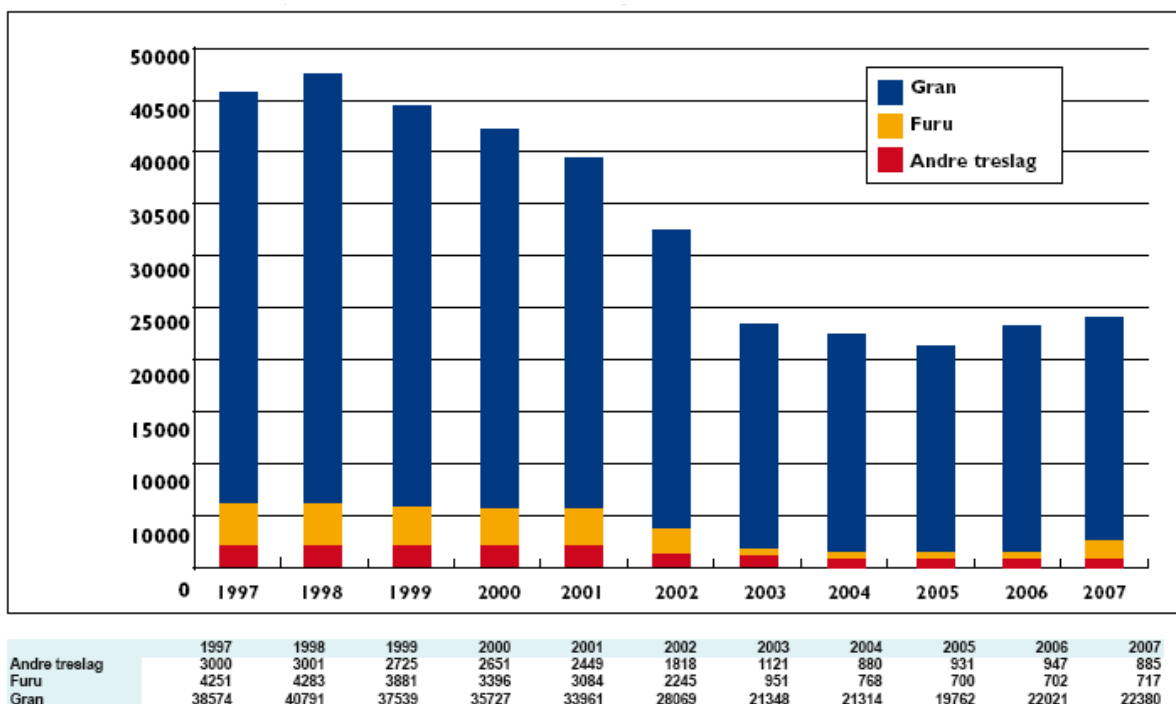
Samlet avvirkning av industrivirke var 8,2 mill m<sup>3</sup> i 2007 (SSB 2008). **Det totale energiforbruket ved Skogfrøverket i 2007 (1 836 GJ) utgjorde 0,22 MJ pr m<sup>3</sup> industrivirke.**

Ved beregning av utslipp er kun forbrenning av olje inkludert. Energiforbruket av olje var 144 GJ. Ved en virkningsgrad på 0,8 og et energiinnhold på 36,2 GJ pr. m<sup>3</sup> olje (Tabell 1), gir dette et samlet oljeforbruk på om lag 5 000 liter. **Dette gir et oljeforbruk på 0,61 ml pr. m<sup>3</sup> industrivirke.**

Tallene ovenfor representerer energiforbruk ved Skogfrøverket. Energiforbruk og utslipp knyttet til konglesanking og drift av frøplantasjer er ikke inkludert.

## Produksjon av skogplanter

I 2007 ble det solgt om lag 24 mill skogplanter fra skogplanteskolene (Figur 4). Dette inkluderer noe salg av planter til andre formål, slik som juletre og pyntegrønt. Denne andelen antas å være svært liten.



Figur 4. Salg av skogplanter (inkl. planter til juletre og pyntegrønt) i perioden 1997-2007. (Kilde: Skogfrøverket (2008))

Produksjon av skogplanter foregår i hovedsak i veksthus og på friland. Sammenlignet med andre veksthusproduksjoner er skogplanteproduksjon lite energikrevende fordi produksjonen i veksthus foregår i den varme årstiden. Frøene sås i mars og plantene står i veksthus 12-15

uker, avhengig av plantetype. Resterende del av produksjonen foregår på friland. I tillegg kreves kjølelagring for lagring av planter i kontrollert klima før utplanting på skogsmark.

Solberg (2007) oppgir i en utredning av potensialet for økt bioenergisatsning innenfor veksthusnæringen at samlet oljeforbruk til oppvarming i skogplanteskolene er om lag 500 000 liter/år, 5 GWh.

Dette gir et samlet energiforbruk på 18,1 TJ. Med utgangspunkt i en årsproduksjon på 24 mill skogplanter pr. år, gir dette et energiforbruk på 0,75 MJ pr. plante.

**Uttrykt pr. m<sup>3</sup> avvirket industrivirke i 2007 blir energiforbruket til oppvarming i skogplanteskolene 2,21 MJ.**

Energiforbruk til annen drift av planteskolene, slik som belysning, kjølelagring etc., er ikke inkludert.

### ***Bruk av plantevernmidler i skogplanteskolene***

Det Norske Skogselskap koordinerer bestilling av plantevernmidler mot gransnutebiller. Per i dag er det to godkjente midler mot gransnutebille: Karate Zeon og Merit Forest.

Karate Zeon: Virksomt stoff (ISO-navn): lambda-cyhalotrin (250 g pr. liter), (CAS-nr. 91465-08-6).

Merit Forest: Virksomt stoff (ISO-navn): imidakloprid (700 g pr. kg), (CAS-nr. 138261-41-3).

Norske skogplanteskoler bestilte for 2008 180 liter Karate Zeon og 48 kg Merit Forest (Tore Molteberg, pers. med.). Det kan være avvik mellom bestilt mengde og årlig forbruk.

Om en forutsetter at de bestilte mengdene gjenspeiler årsforbruket, tilsvarer dette totalt 45 kg lambda-cyhalotrin og 33,6 kg imidakloprid. **Fordelt på årsavvirkningen i 2007 utgjør dette 5,5 mg lambda-cyhalotrin og 4,1 mg imidakloprid pr. m<sup>3</sup> industrivirke.**

Det pågår forskning for å finne alternativer til dagens kjemiske bekjempelse av snutebiller. Det er blant annet gjort forsøk med bruk av voksbehandling av plantene (Kohmann 2000) og biologisk bekjempelse med bruk av nyttenematoder (Haukeland 2007). Det ser imidlertid ut til at disse metodene foreløpig ikke er et alternativ til bekjempelse av snutebiller i praktisk skogbruk.

Når det gjelder forbruk av herbicider og fungicider i skogplanteskolene, finnes det ikke noen samlet oversikt.

## Skogkultur

Skogkultur er foryngelses- og kvalitetsfremmende tiltak som planting og såing etter hogst, tiltak for naturlig forynging, skifte av treslag, suppleringsplanting og pleie av den etablerte ungslogen og stammekvisting. Investeringene i skogkultur skal bidra til å sikre framtidig produksjon og verdiskaping, samtidig som viktige miljøverdier blir ivaretatt og utviklet.

### Markberedning

Markberedning beskrevet av Nitteberg og Nygaard (2007): ”Mekanisk markberedning er et viktig hjelpetiltak i foryngelsesarbeidet, og en lang rekke undersøkelser har vist at markberedning fører til bedre etablering, økt vekst og overlevelse (Örlander *et al.* 1990; Lammi 2006). Frem til midten av forrige århundre var flatebrenning den viktigste metoden for markberedning, og det ble brent ca. 15 000 da årlig (Strømsøe 1960). Men med en stadig økende kritikk av flatebrenning spesielt fra miljøsidene, opphørte flatebrenning som hjelpetiltak, og banet vei for mekanisk markberedning. Innledningsvis ble mekanisk markberedning utført manuelt med hakke/spade, men den tekniske utviklingen av skogsmaskiner med stadig bedre fremkommelighet i terrenget, åpnet for nytt utstyr for markberedning, som for eksempel den norskproduserte Imset-harven (Samset 1951). Markberedning har blitt mer variert de siste tiåra og det finnes utstyr som er spesielt tilpasset for stripemarkberedning, flekkmarkberedning og varianter som hauglegging, inversmetoden og pløying (Strømnes 1983; Hofsten & Gustafsson 2003; Lindroos 2004). Det er også utviklet utstyr for alternative metoder, slik som bruk av vanddamp (Norberg *et al.* 1997). Omfanget av markberedning i Norge har vært beskjedent sammenlignet med våre naboland, men fra 1980 og frem til i dag har arealet steget fra 20 000 da og stabilisert seg på ca. 70 000 da (LD Rapport 2001), men behovet for markberedning er antatt å være langt større (Ludahl & Nygaard 2007).”

Det har ikke lyktes å framskaffe prestasjonsstudier for markberedning under norske forhold.

Beregningene er gjennomført med følgende forutsetninger: Markberedning gjennomføres med lassbærer som basmaskin påmontert markberedningsaggregat. Gjennomsnittlig dieselforbruk er 12 liter pr. time og gjennomsnittlig prestasjon er 6 dekar pr. time. Dette gir et dieselforbruk på 2 liter pr. dekar.

Totalt ble 58 000 dekar markberedt i 2007 (SSB 2008). Dette gir et samlet beregnet dieselforbruk på 116 000 liter for markberedning i 2007. Total avvirkning av industrivirke var i 2007 8,2 mill m<sup>3</sup>. Dette gir et dieselforbruk knyttet til markberedning pr. m<sup>3</sup> industrivirke i 2007 på 0,014 liter. **Dette gir et energiforbruk for markberedning på 0,51 MJ pr. m<sup>3</sup> industrivirke (forutsatt et energiinnhold i diesel på 36,2 GJ/ m<sup>3</sup>).**

## **Foryngelse og etablering**

For at foryngelsen skal bli biologisk og økonomisk optimal, må både planting og naturlig foryngelse gjennomføres på riktig måte.

Kulturplantene må være av riktig type og kvalitet, og man må ha kunnskaper om vegetasjonstyper, trærnes frøproduksjon og riktig hogstføring for å få til en god naturlig foryngelse. Markberedning kan noen steder være nødvendig for å sikre gode plante- eller spireplasser.

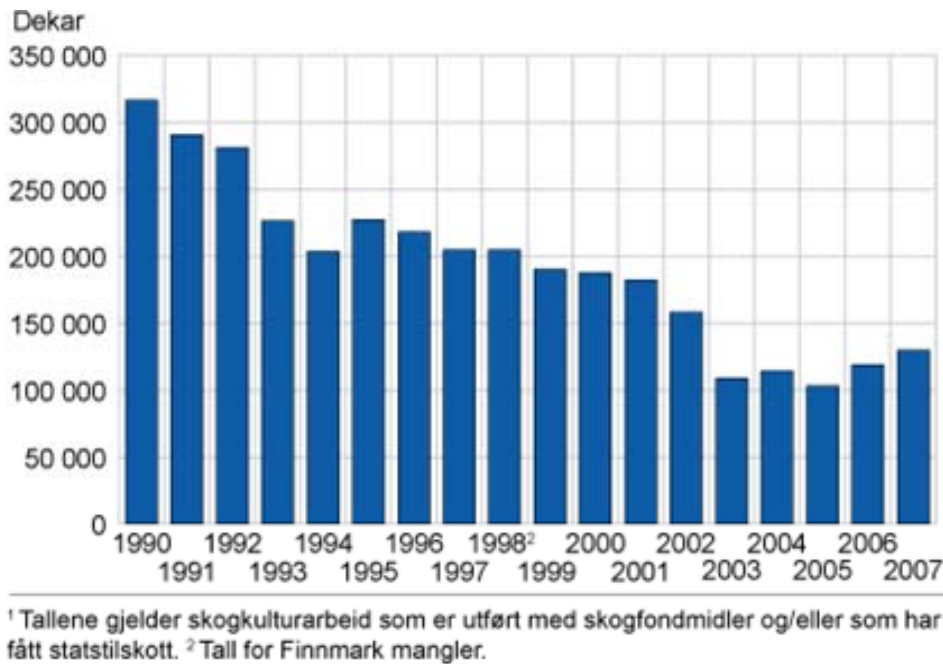
Alle norske skogeiere har en plikt til å sørge for at skogarealene blir forynget etter en hogst. Dette kan skje ved planting, såing, eller ved naturlig foryngelse. Nyere registreringer viser varierende, og til dels lave, foryngelsestall etter hogst.

Plantetallet har sunket sterkt de siste tjue årene fra ca. 70 til 23 millioner utsatte bartreplanter pr. år. Hogstkvantumet har imidlertid holdt seg nokså stabilt i samme tidsrom, noe som tilsier at en langt større del av foryngelsesarealet i norske skoger nå blir forynget naturlig ([www.skogoglandskap.no/temaer/foryngelse\\_og\\_etablering](http://www.skogoglandskap.no/temaer/foryngelse_og_etablering)).

Resultatkontroll i skogbruket gjennomført av Skog og landskap i 2007 viste at av det totale hogstflatearealet var 43,6 % av arealet forynget ved planting, 9,1 % ved en kombinasjon av planting og naturlig foryngelse, 0,4 % ved såing, 28,2 % var tilrettelagt for naturlig foryngelse, mens på 18,8 % av arealet var det ikke tilrettelagt verken for naturlig foryngelse eller noen annen foryngelsesform. Registreringene er i gjennomsnitt basert på 2 år gamle hogstfelt, dvs. arealer som ble avvirket i 2005. Utvalget er gjort med utgangspunkt i skogfondsystemet (Skog og landskap 2007).

## Skogplanting

I 2007 ble totalt 130 000 dekar tilplantet med 21 mill skogplanter, en oppgang på 9 prosent fra året før (Figur 5). Dette er fortsatt et godt stykke under nivået i midten av 1990-årene (SSB 2008). Disse tallene gjelder planting utført med bruk av skogfond og/eller med statstilskudd, og planteantallet ligger lavere enn det som er omsatt (se kapittel om produksjon av skogplanter). Dette skyldes blant annet at skogeierne ikke benytter skogfond til all skogplanting. I det følgende tas det utgangspunkt i omsatt planteantall (24 mill skogplanter).



Figur 5. Skogplanting. Antall dekar tilplantet. 1990-2007<sup>1</sup> (Kilde: SSB (2008))

Selv om det har vært gjennomført forsøk med maskinell planting i skogbruket i Norge, kan man anta at plantingens hovedsakelig foregår manuelt. Energiforbruk og utslipp er derfor knyttet til transport av personell og planter. Dette har det ikke lyktes å skaffe data for.

Som et regneeksempel er det her forutsatt at plantingens foregår manuelt, og at en person setter ut i gjennomsnitt 1 000 planter pr. arbeidsdag. Videre er det forutsatt at transport pr. arbeidsdag totalt er 40 km med personbil. Dette inkluderer transport av plantør, samt transport av planter fra skogplanteskole til plantefelt. Bensinforbruket for personbilen settes til 0,8 liter pr mil.

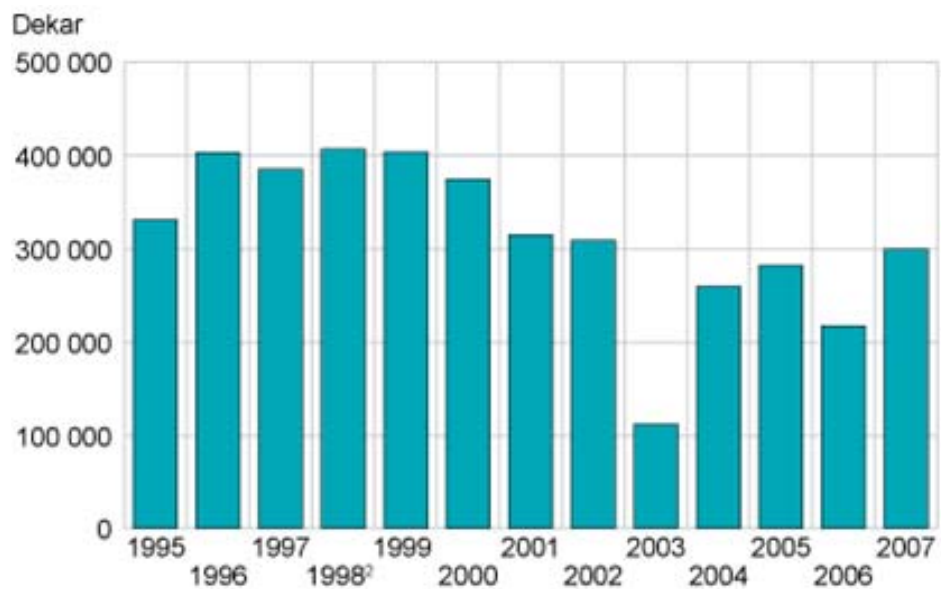
Dette gir et bensinforbruk pr. plante på 3,2 ml. Dette gir et samlet bensinforbruk (gitt 24 mill utplantede skogplanter) på 76 800 liter. Fordelt på årsavvirkningen i 2007 gir dette et bensinforbruk knyttet til skogplanting på 9,37 ml pr. m<sup>3</sup> industrivirke.

**Forutsatt et energiinnhold i bensin på 32,5 GJ/m<sup>3</sup>, gir dette et samlet energiforbruk på 2,50 TJ og et energiforbruk pr. m<sup>3</sup> industrivirke på 0,30 MJ.**

## Ungskogpleie

Ungskogpleie er stell av ungsbogen fram til førstegangs tynning. Ved ungskogpleie fristilles et riktig antall av de beste trærne jevnest mulig fordelt i bestandet. Krokete, skadde og storkvistede trær tas ut når vokseplassen kan utnyttes av bedre trær, også om dette er litt mindre trær. Ungskogpleie skal alltid være kvalitetsorientert. Trærne er fristilt når høydeveksten ikke reduseres av større trær, eller større trær i nærheten ikke hindrer framtidstrærne i å bli rette og symmetriske. Mellom fristilte trær er det fint om det står igjen et sjikt av mindre bartrær eller lauvtrær og busker. Slik underskog medvirker til oppkvistingen og gir dyrene ly og næring. Det skal ikke brukes tid på å fjerne trær som ikke gir framtidstammene målbar konkurranse og som snart går ut pga selvtynning. Ved ungskogpleie i barskog er det krav til at det skal settes igjen en viss andel lauvtrær.

I alt ble det utført ungskogpleie med bruk av skogfondmidler og/eller statstilskudd på 300 000 dekar i 2007 (SSB 2008).



<sup>1</sup> Tallene gjelder skogkulturarbeid som er utført med skogfondmidler og/eller som har fått statstilskott. <sup>2</sup> Tall for Finnmark mangler.

Figur 6. Ungskogpleie. Antall dekar det er utført ungskogpleie på, 1995-2007<sup>1</sup>. (Kilde: SSB (2008))

Tallene ovenfor (Figur 6) er basert på skogfondregnskapet, og ligger lavere enn det som framkommer ved Landbruksundersøkelsen 2008 (SSB 2008). Dette skyldes at skogeierne ikke benytter skogfond til all skogkulturaktivitet. Ifølge Landbruksundersøkelsen ble det gjennomført ungskog- eller gjenvekstpleie på 487 000 dekar i 2007. Det er dette tallet som vil bli brukt i de videre beregningene nedenfor.

Det forutsettes at det ble benyttet motorrydningsag på hele arealet det ble gjennomført ungskog- eller gjenvekstpleie på i 2007.

Det tas utgangspunkt i en deltidsfunksjon for felling utviklet basert på resultater fra tidsstudier gjennomført av avdeling for driftsteknikk ved Norsk institutt for skogforskning i 1982

(Strømnes 1986). Til tross for at undersøkelsen er av eldre dato, har arbeidsmetode og utstyr endret seg i liten grad siden den gang. Studiene ble gjennomført på 125 forsøksfelt med 0,5 dekar størrelse og stor variasjon i skogtilstand og terrengforhold mellom feltene i Mathiesen-Eidsvold Værks skoger i Hurdal. To erfarne skogsarbeidere fra firmaets egen stab utførte arbeidet (avstandsreguleringen). Det ble funnet at tidsforbruket pr. dekar avhenger av bestandens gjennomsnittshøyde før regulering og antall trær fjernet pr. dekar. Det ble rapportert at andre faktorer, som for eksempel terrengforhold, ikke hadde noen påviselig innflytelse på prestasjonene.

Forutsetninger:

Drivstofforbruk (bensin): 1,0 l pr. felletidtime

Gjennomsnittlig bestandshøyde før regulering ( $H_{fg}$ ): 2, 5 m

Antall trær fjernet pr. dekar ( $T_u$ ): 1000

Felletid i min. pr. dekar ( $y_1$ ) (utviklet av Strømnes 1986):

$$y_1 = 7,317 H_{fg} + 0,01642 H_{fg} \times T_u$$

$$y_1 = 59.3 \text{ min.}$$

Dette gir et bensinforbruk på 1 liter pr. dekar.

Dette gir et samlet bensinforbruk knyttet til ungskogpleie med motorrydningsag på 487 000 liter i 2007, og et bensinforbruk på 0,0594 liter pr.  $m^3$  industrivirke. **Forutsatt et energiinnhold i bensin på 32,5 GJ/ $m^3$ , gir dette et samlet energiforbruk på 15,83 TJ og et energiforbruk pr.  $m^3$  industrivirke på 1,93 MJ.**

Transport av utstyr og mannskap inngår ikke i tallene ovenfor.

## **Sprøyting**

I Levende Skog-standarden (Levende Skog 2006), omhandler kravpunkt 21 sprøyting: ”Generelt sett er sprøyting i skog uønsket. Kravpunktet skal sikre at sprøyting med plantevernmidler i skog bare brukes der det er klart mer effektivt enn mekaniske metoder og at det samtidig ikke er i konflikt med landskapskvaliteter og opplevelsesverdier.

### Krav og regler

Ut fra et føre var-prinsipp skal sprøyting underlegges en streng praksis. Behovet skal reduseres i størst mulig grad ved variert bruk av ulike hogstformer og skogkulturmetoder. Der dette ikke fører til ønsket resultat, kan sprøyting skje når dette er klart mer effektivt enn mekaniske metoder for å hindre oppslag av gras-, urte- og lauvvegetasjon som hindrer ønsket foryngelse. Sprøyting skal ikke skje på vegetasjon som i gjennomsnitt er mer enn 2 meter høy. I mye brukte friluftslivområder skal det legges vekt på at landskapskvalitetene og opplevelsesverdiene knyttet til et variert lauvtreinnslag ikke reduseres vesentlig av tiltaket.

### Forklaringer

Med sprøyting menes spredning av plantevernmidler som et skogkulturtiltak.”

All sprøyting skal utføres i henhold til Forskrift om spredning av plantevernmidler i skog.

I 2007 ble 6 200 dekar behandlet med kjemiske midler, en oppgang på 1 400 dekar fra 2006 (SSB 2008). Sprøyting i skogbruket med kjemiske midler blir benyttet for å holde gras og lauvkratt nede i nyplantinger og ungskogfelter.

Av kjemiske plantevernmidler er det kun glyfosatpreparater som er godkjent for bruk i skogbruket ([www.plantevernguiden.no](http://www.plantevernguiden.no)). Ett eksempel på et vanlig slikt preparat er Roundup Eco, CAS-nr. 38641-94-0. Dette er et systemisk ugrasmiddel (bladherbicid) som inneholder 360 g glyfosat pr. liter. Ved bekjempelse av lauvkratt og flerårig ugras i plantefelter skal det benyttes en dose på 50-300 ml/daa, avhengig av sprøytemåte.

Ved å forutsette bruk av maksimal dose (300 ml/daa) på hele arealet på 6 200 daa i 2007, gir dette samlet bruk av glyfosat på 670 kg. Maksimal dose er benyttet for å ta høyde for at stubbebehandling av lauvtrær sannsynligvis ikke er inkludert i arealet på 6 200 daa.

**Uttrykt i glyfosat pr. m<sup>3</sup> avvirket industrivirke i 2007 blir dette 82 mg glyfosat/m<sup>3</sup>.**

### **Stammekvisting**

Stammekvisting gjennomføres for å oppnå kvistfritt virke. Man skiller mellom tørrkvisting og grønnkvisting. Tørrkvisting består i å fjerne døde kvister, og kan gjennomføres når som helst. Ved grønnkvisting fjernes levende greiner. Dette tiltaket bør gjennomføres på unge trær for å oppnå at en stor del av stammeverrsnittet blir kvistfritt når trærne når hogstmoden alder. Dessuten er risikoen for biologiske skader (såråte) minst på unge trær som følge av liten greindiameter.

Selv om det fins motorisert utstyr på markedet, er manuell kvisting med sag eller kvistesaks så å si enerådende.

I følge Vadla (1999) har man i Norge drevet med stammekvisting siden ca. 1920, men tiltaket har aldri hatt noe stort omfang. I startfasen var det mest spredte forsøk hos spesielt interesserte skogeiere. I 1992 og 93 ble det stammekvistet henholdsvis ca. 3 200 og 5 200 daa. Fra og med 1994 ble det gitt statsbidrag til stammekvisting, hvilket resulterte i et kvistet areal på ca. 20 000 daa dette året. I 1995, 96 og 97 ble det kvistet henholdsvis ca. 10 000, 9 500 og 7 200 daa.

Det har ikke lyktes å få tak i oversikt over stammekvistet areal fra de senere år. Energiforbruk og utslipp knyttet til dette tiltaket vil hovedsakelig være fra transport av mannskap til og fra kvistingsfeltene.

### **Gjødsling**

Gjødsling er et tiltak som i første rekke er aktuelt i eldre barskog. Gjødslinga bidrar til økt tilvekst i en periode på 6-10 år. Etter dette vil bestanden normalt bli avvirket. Gjødsling av skog benyttes i svært liten grad i Norge. Ifølge SSB (2008) ble det gjødslet 6 340 dekar skog i 2007, mens gjødslet skogareal var 23 650 dekar i 1997.

Ved gjødsling i eldre produksjonsskog anbefales tilført en nitrogenmengde på om lag 15 kg pr. dekar (Pettersen 2005). Vanligvis benyttes kalkkammonsalpeter (kalsiumammoniumnitrat). Ett slikt gjødselprodukt er OPTI-KAS<sup>TM</sup> 27-0-0 skog. Denne gjødseltypen inneholder næringsstoffene nitrogen (27,2 %), kalsium (4,0 %), magnesium (2,3 %) og bor (0,2 %) (Yara



2008). I HMS-databladet er det oppgitt at produktet i tillegg til ammoniumnitrat (CAS-nr 6484-52-2), inneholder - dolomitt, kalsiumkarbonat eller kalkstein som inert fyllstoff.

Det trengs om lag 55 kg gjødsel pr. dekar for å oppnå en nitrogenmengde på 15 kg pr. dekar. Forutsatt denne gjødselmengden ble det brukt 348 700 kg kalkkammonsalpeter til gjødning av skogsmark i 2007. **Dette utgjør 42,5 gram gjødsel pr. m<sup>3</sup> industrivirke.**

Gjødselspredning kan foregå manuelt, med traktor eller med helikopter. Spredning med helikopter krever normalt større sammenhengende arealer. Energiforbruk og utslipp fra selve spredningsarbeidet er ikke beregnet her på grunn av manglende datagrunnlag.

Nyeggen & Øyen (2007) angir et tidsforbruk ved manuell bredgjødsling på grøfta myr på om lag 1 arbeidsplass pr. dekar. Tidsforbruket vil blant annet være avhengig av gjødselmengde pr. dekar og bæreevne på feltet. Ved bruk av helikopter regner man med at prestasjonen ligger på 150-200 dekar pr. arbeidsplass ved et godt organisert opplegg.

## Avvirkning og terrengtransport

85 % av det avvirkede industrivirket kom i 2007 fra sluttavvirkning, mens 13 % kom fra tynning og 2 % fra hogst av vindfall, frøtrær og skjermtrær. Tynningsandelen har økt fra 9 % i 2003. I alt vart 91 prosent av avvirkningen utført med hogstmaskin. Tilsvarende tall i 1999 og 2003 var respektive 67 og 85 prosent (SSB 2008).

Datagrunnlaget for beregning av dieselforbruk ved helmekaniserte skogsdrifter er hentet fra prosjektene ”Drifts- og kapitalkostnader for skogsmaskiner” og ”Priskalkulering og økonomikontroll av skogsdrifter” gjennomført ved Skog og landskap (se Lileng 2001).

Avvirkning og terrengtransport med andre driftssystemer utgjør en liten andel av den totale andel av årsavvirkningen av industrivirke i 2007. Tradisjonelt har motormanuell hogst og utkjøring med landbrukstraktor/skidder stått for en del av avvirkningen her til lands, men dette systemet har i stor grad blitt erstattet av helmekanisert drift. En tidligere undersøkelse (Vik & Jacobsen 1996) viser at drivstofforbruket ved motormanuell hogst ligger lavere enn ved hogst med hogstmaskin. En annen undersøkelse (Stammes 1996) viser imidlertid at drivstofforbruket ved terrengtransport av tømmer ligger høyere enn ved transport med lassbærer. Samlet drivstofforbruk for de to systemene synes derfor å ikke avvike særlig.

Andre systemer, slik som taubanesystemer er heller ikke tatt hensyn til i beregningene, da dette utgjør en svært liten andel av totalkvantumet.

## Avvirkning

Prestasjonsstudier ved Skog og landskap viser stor variasjon i tidsforbruket pr. m<sup>3</sup> opparbeidet tømmer med varierende trestørrelse (Lileng 2001). Forutsatt et volum per tre på 0,3 m<sup>3</sup>, er dieselforbruket basert på disse studiene beregnet til 0,90 liter pr. m<sup>3</sup>.

Forbruk av kjedeolje i sluttavvirkning med hogstmaskin er satt til 0,032 liter pr. m<sup>3</sup> (Bjerketvedt 1998).

## Terrengtransport

Gjennomsnittlig dieselforbruk på lassbærer er beregnet som gjennomsnitt fra prestasjonsstudier utført ved Skog og landskap.

Gjennomsnittlig dieselforbruk for terminaltidene lessing, hjelpetid, flytting og avlessing er beregnet til 0,39 liter pr. m<sup>3</sup>.

I tillegg kommer framkjøring av tømmeret til velteplass. Gjennomsnittlig driftsveilengde fra ”Driftsgranskinger i jord- og skogbruk” for året 2006 (Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning 2007) er 800 m. Driftsveilengde er avstanden tømmeret må transporteres fra hogstfeltet til bilvei. Driftsgranskningene er basert på et forholdsvis lite utvalg av skogeiendommer, i alt 162, og en gjennomsnittlig driftsveilengde på 800 m antas å være et noe høyt tall.

Som grunnlag for beregning av gjennomsnittlig dieselforbruk her er det benyttet driftsveilengde på 600 m. Dette gir et gjennomsnittlig dieselforbruk på 0,91 liter pr. m<sup>3</sup>.

Dette gir et samlet gjennomsnittlig dieselforbruk for tømmertransport med lassbærer på 1,30 liter pr. m<sup>3</sup>.

Samlet gjennomsnittlig dieselforbruk for hogst og terrengtransport ved helmekaniserte drifter blir da 2,20 liter pr. m<sup>3</sup>.

Siden 15 % av avvirket industrivirke kom fra tynning og hogst av vindfall, frøtrær og skjermtrær, bør tallene ovenfor justeres noe opp. I mangel på gode tall for drivstofforbruk i tynning etc. er det tatt utgangspunkt i driftskostnadene som grunnlag for korreksjonen.

Gjennomsnittsprisen for hogst og terrengtransport var i 2007 på 118 kroner pr. m<sup>3</sup> for sluttavvirkning og 167 kroner per m<sup>3</sup> for tynningsdrifter. Dette er en økning fra 2003, da gjennomsnittsprisen for sluttavvirkning var 109 kroner pr. m<sup>3</sup> og tynning 158 kroner pr. m<sup>3</sup> (SSB 2008). Vi ser at til tross for at driftskostnadene har økt fra 2003, så har den relative prisforskjellen på sluttavvirkning holdt seg på om lag samme nivå. Tynningsdrifter var 40 % - 45 % dyrere pr. m<sup>3</sup> enn sluttavvirkning. Ved å anta at dette også gjenspeiler drivstofforbruket, oppjusteres denne andelen (15 %) med 45 % for å beregne gjennomsnittlig drivstofforbruk for industrivirke.

$$2,20 \text{ l/m}^3 \times [0,85 + (0,15 \times 1,45)] = 2,35 \text{ l/m}^3$$

Korrigert drivstofforbruk for avvirkning og terrengtransport av industrivirke i 2007 blir 2,35 liter pr. m<sup>3</sup>. **Dette gir et energiforbruk på 85,07 MJ pr. m<sup>3</sup> industrivirke.**

Ved bruk av tilsvarende oppjustering blir forbruket av kjedeolje 0,034 liter pr. m<sup>3</sup>. **Antas samme energiinnhold som i diesel, er energiinnholdet i kjedeoljen 1,23 MJ pr m<sup>3</sup> industrivirke.**

Drivstofforbruk knyttet til maskinflytting (skogsmaskiner) og persontransport er ikke kvantifisert.

## Tømmertransport på bilvei

Sagtømmer og massevirke transporteres normalt separat på tømmerbil på grunn av ulik lokalisering av industriene. Tabell 2 viser fylkesvise transportavstander for sagtømmer transportert med tømmerbil i 2007. Tabellen er basert på data fra Skog-Data AS for i overkant av 4 mill m<sup>3</sup> sagtømmer, d.v.s. hoveddelen av avvirkingen av sagtømmer i 2007 (samlet avvirking av sagtømmer var på 4 344 188 m<sup>3</sup> i 2007 (SSB 2008)). Sagtømmervolumene i tabellen er fordelt på fylker ut fra lastested.

*Tabell 2. Transportavstand med last for sagtømmer med bil 2007 (Kilde: Skog-Data AS)*

	Kr	Volum Transport	Transportarbeid	Avstand (km)
Akershus	16 483 251	304 206	15 500 158	51
Aust-Agder	6 860 425	130 143	6 734 984	52
Buskerud	30 772 572	474 266	32 496 226	69
Hedmark	65 599 472	1 291 049	69 468 304	54
Hordaland	472 439	8 148	232 033	28
Møre og Romsdal	3 927 990	38 766	3 482 017	90
Nordland	2 613 917	40 143	3 316 224	83
Nord-Trøndelag	14 056 919	240 965	14 597 863	61
Oppland	27 376 672	513 146	27 033 124	53
Oslo	606 552	16 413	379 431	23
Rogaland	913 611	15 537	364 612	23
Sogn og Fjordane	1 724 071	23 183	1 486 486	64
Sør-Trøndelag	10 005 465	143 626	9 706 151	68
Telemark	21 676 267	301 831	22 975 658	76
Troms	119 788	1 370	107 881	79
Vest-Agder	2 583 533	33 952	2 978 937	88
Vestfold	7 120 564	169 963	6 058 212	36
Østfold	19 556 045	273 183	22 285 307	82
<b>Volumveid gj.sn.</b>		<b>4 019 889</b>		<b>60</b>

Gjennomsnittlig volumveid transportavstand på 60 km er noe lengre enn det som er beregnet som gjennomsnittlig transportavstand med bil for sagtømmer tidligere. Ifølge Transportbrukernes Fellesorganisasjon (2002) var gjennomsnittlig transportavstand for sagtømmer 57 km i 2002, mens den var 48 km i 1990.

Den samlede transporten av tømmer på bil inkluderer i tillegg til transport med last, også tomkjøring. For å få et estimat for tomkjøring er resultatene fra Lea (1998) benyttet. I rapporten til Lea er data fra Statistisk sentralbyrås Lastebiltelling 1994 bearbeidet og inndelt i kjøretøygrupper etter markedssegment. Dette er en forholdsvis grov inndeling, og tømmertransport er slått sammen med trelasttransport. For denne kjøretøygruppen var tomkjøringsandelen 46 %.

Tomkjøringsandel = Antall km uten last/Antall km totalt

Tabell 3 viser gjennomsnittlige transportavstander med og uten last, samt gjennomsnittlig total avstand for kjøreoppdragene.

Tabell 3. Total transportavstand for sagtømmer med bil 2007

	Avstand med last (km)	Tomkjøring (km)	Sum (km)
Akershus	51	43	94
Aust-Agder	52	44	96
Buskerud	69	58	127
Hedmark	54	46	100
Hordaland	28	24	53
Møre og Romsdal	90	77	166
Nordland	83	70	153
Nord-Trøndelag	61	52	112
Oppland	53	45	98
Oslo	23	20	43
Rogaland	23	20	43
Sogn og Fjordane	64	55	119
Sør-Trøndelag	68	58	125
Telemark	76	65	141
Troms	79	67	146
Vest-Agder	88	75	162
Vestfold	36	30	66
Østfold	82	69	151
Volumveid gj.sn.	<b>60</b>	<b>51</b>	<b>111</b>

Forutsetninger:

Dieselforbruk: Med last: 5,5 l pr. mil

Tomkjøring: 3,5 l pr. mil

Lasstørrelse: 30 m<sup>3</sup>

Totalvekt: maks 50 tonn

Dette gir et gjennomsnittlig dieselforbruk på 1,70 l pr. m<sup>3</sup> for sagtømmer. **Dette gir et energiforbruk på 61,54 MJ pr. m<sup>3</sup> transportert sagtømmer.**

De estimerte tallene gjelder utelukkende transport med tømmerbil. I visse områder, slik som i kyststrøk, transporteres noe sagtømmer også på båt (Transportbrukernes Fellesorganisasjon 2000, 2001).

## **Andre prosesser**

### **Skogbruksplanlegging**

En skogbruksplan inneholder areal-, miljø- og ressuroversikter for den enkelte eiendom, oversiktlige og lett lesbare kart, samt råd om hvordan eiendommen bør drives, både i økonomisk og miljømessig henseende. I en skogbruksplan blir data dels innhentet fra tilgjengelige databaser/kart, ved flyfototolkning/data fra flybåren laserscanning og ved feltregistrering.

Skogbruksplanleggingen foregår som et samarbeid mellom offentlig forvaltning fra sentralt til lokalt nivå og private takstfirma som står for den praktiske gjennomføringen av takstprosjekter og utarbeider skogbruksplaner til skogeierne. I henhold til forskrift har Skog og landskap blant annet ansvar for fastsettelse og godkjenning av standarder og takstmetoder.

Landbruks- og matdepartementet har etablert en tilskuddsordning med formål å stimulere skogbruksplanlegging som et grunnleggende virkemiddel for å fremme et bærekraftig skogbruk med aktiv næringsmessig utnyttning av skog- og utmarksressursene på kort og lang sikt, og slik at biologisk mangfold, landskap, friluftsliv og kulturminner i skogen blir ivaretatt og videreutviklet (jf. §1 i Forskrift om tilskudd til skogbruksplanlegging med miljøregistreringer av 4. februar 2004).

Energiforbruk og utslipp i forbindelse med skogbruksplanlegging er ikke beregnet på grunn av manglende datagrunnlag.

### **Grøfting**

Siden 1990-årene har det blitt grøftet stadig mindre skogsmark og myr. Nedgangen skyldes både økte miljöhensyn og reduserte tilskudd. I 2007 ble det ikke lengre gitt tilskudd til nygrøfting, og det har ført til at det nesten ikke ble nygrøftet dette året. Bare 51 dekar er registrert som nygrøftet i 2007, mot 2 100 dekar året før (SSB 2008).

Tidligere ble en del myr grøftet, men nygrøfting av myr er blant annet et tiltak som i følge Levende Skog-standarden (Levende Skog 2006) skal unngås.

Energiforbruk og utslipp i forbindelse med grøfting er ikke beregnet på grunn av manglende datagrunnlag.

### **Veibygging/-vedlikehold**

#### **Traktorveier**

Vinterbil- og traktorveier har en lavere standard enn skogsbilveiene, og bygges ofte i forbindelse med enkeltstående drifter for å transportere ut tømmeret. Av slike veier ble det bygd 209 kilometer med nye veier og 79 kilometer ble omlagt eller ombygd. Dette var noe mindre nybygging, men litt mer ombygging enn i 2006 (SSB 2008).

## **Skogsbilveier**

I 2007 ble det ferdigstilt 58 kilometer nye skogsbilveier, og 196 kilometer ble ombygd eller omlagt. Det er en nedgang på henholdsvis 10 og 25 kilometer fra året før. Med få unntak har det vært en årlig nedgang i byggingen av skogsbilveier siden begynnelsen av 1990-årene (SSB 2008).

Energiforbruk og utslipp i forbindelse med bygging og vedlikehold av veier er ikke beregnet på grunn av manglende datagrunnlag.

## ***Administrasjon/skogforvaltning***

Administrasjon av en skogeiendom kan helt eller delvis bli gjennomført av skogeier eller deler eller hele arbeidet settes bort til entreprenører eller skogeierforening.

En stor del av arbeidet med administrasjon antas å være knyttet til planlegging av ulike tiltak som etablering og stell av ny skog, planlegging og gjennomføring av skogsdrift (både tynninger og sluttavvirkning), salg av tømmer og bygging og vedlikehold av veier. Hvor mye innsats som legges i administrasjon vil nok variere betydelig. Dessuten vil arbeidsmengden være avhengig av om man har en oppdatert skogbruksplan tilgjengelig.

## Avsluttende kommentarer

- Gjennomsnittlig energiforbruk for å fremskaffe 1 m<sup>3</sup> sagtømmer til industritomt i Norge er i denne rapporten beregnet til om lag 155 MJ. Tar en utgangspunkt i et teoretisk energiinnhold for trevirke på 8,4 GJ pr m<sup>3</sup> (Tabell 1), så utgjør det beregnede energiforbruket for råvarefasen (frø til industritomt) mindre enn 2 % av dette. Det må forventes at i praksis vil energiforbruket være noe høyere som følge av at alle delprosesser ikke har vært mulig å beregne.
- Sammenlignes energiforbruket med tall for Sverige, ligger dette på samme nivå eller noe høyere for avvirkning og terrengtransport. For transport av sagtømmer på bilvei ligger energiforbruket i denne rapporten noe lavere enn det som er funnet for tømmertransport i enkelte regioner i Sverige (referert i Alfredsen *et al.* (2008), Wærp *et al.* (2008)). Årsakene til dette kan være flere, men de svenske undersøkelsene har tatt for seg både sagtømmer og massevirke. Gjennomsnittlig transportavstand for massevirke er generelt lengre enn for sagtømmer. Dessuten er transportavstandene for sagtømmer på bil i gjennomsnitt lengre i Sverige enn i Norge.
- Som det framgår av denne rapporten, er det en rekke delprosesser knyttet til skogbrukets primærproduksjon (skogproduksjonskjeden fram til avvirkning) som ikke har latt seg kvantifisere fullt ut. Likevel indikerer resultatene i denne rapporten, samt tidligere undersøkelser fra Sverige, at når det gjelder energiforbruk og utslipp knyttet til forbrenning av fossilt brensel, utgjør denne delen av kjeden en svært liten andel. Ved tiltak som skal begrense energiforbruk og utslipp innenfor produksjonskjeden fra skogfrø til tømmer levert industritomt, bør man derfor fokusere på avvirkning/terrengtransport og videretransport av tømmer til industri.

## Litteratur

Aasestad, K. 2008. The Norwegian Emission Inventory 2008. Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants. Statistisk sentralbyrå. Reports 2008/48: 252 pp.

Alfredsen, G., Asbjørnsen, B.R., Flæte, P.O. & Larnøy, E. 2008. Miljøeffekter ved bruk av tre. Sammenstilling av kunnskap om tre og treprodukter. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 03/08: 100 pp.

Bjerketvedt, J. 1998. Transport og miljø i skognæringen: Avvirkning og uttransport. Rapport 3. Transportbrukernes Fellesorganisasjon: 24 pp.

Lea, R. 1998. Tomkjøring med lastebil. Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 395/1998: 53 pp.

Haukeland, S. 2007. Bruk av nyttenematoder til bekjempelse av gransnutebillen (*Hylobius abietis*). Forskning fra Skog og landskap 3/07: 47-52.

Hofsten, H. & Gustafsson, J-H. 2003. Markberedning med fylljord – en skonsam metod på steniga och kulturmiljökänsliga marker.

Kohmann, K. 2000. Voksbehandling av rothalsen på skogplanter som alternativ til insekticider som brukes mot insektgnag etter utplanting. Rapport fra skogforskningen 5/00: 15 pp.

Lammi, E. 2006. Markbehandling på boreal skogsmark med fokus på markberedning – en litteraturöversikt. Examensarbeten 2006–5. Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå.

LD rapport 2001. Strategier for etablering og stell av skog i Norge. Rapport fra en arbeidsgruppe oppnevnt av Landbruksdepartementet.

Levende Skog 2006. Standard for et bærekraftig norsk skogbruk: 39 pp.

Lileng, J.K. 2001. Skogsmaskiner - kostnader, kalkyler og økonomikontroll. Rapport fra skogforskningen 3/01: 43 pp.

Lindroos, O. 2004. Sammanställing av småskalig skogsutrustning. Del 2. Traktorburna markberedningsaggregat. FÖR-programmet, Institutionen för skogsskötsel, Avd för skogsteknologi.

Ludahl, A. & Nygaard, P.H. 2007. Kontroll av foryngelsesfelt i perioden 1995–2005.

NILF 2007. Driftsgranskinger i jord- og skogbruk. Regnskapsresultater 2006. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF), Oslo: 225 pp.

Nitteberg, M. & Nygaard, P.H. 2007. Skånsom markberedning: Markberedningsaggregatet Markus. Forskning fra Skog og landskap 3/07: 57-59.



Norberg, G., Jäderlund, A., Zackrisson, O., Nordfjell, T., Wardle, D., Nilsson, M.C. & Dolling, A. 1997. Vegetation control by steam treatment in boreal forests: A comparison with burning and soil scarification. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 2026–2033.

Nyeggen, H. & Fjeld, D. 1996. Ungskogpleie. Motorsag eller rydningsag til mekanisk rydningsarbeid? *Vestlandsk Landbruk* 1996(11): 5-7.

Nyeggen, H. & Øyen, B.-H. 2007. Prestasjonsdata frå kystskogbruket. Dokument fra Skog og landskap 01/07: 31 pp.

Pettersen, J. 2005. Gjødsling. Skogbrukets Kursinstitutt. SKI Resymé nr 12, 2005: 4 pp.

Samset, I. 1951. Markberedning med maskiner og håndkraft. *Meddr norske SkogforsVes.* 39: 182–307.

Skogfrøverket 2008. Årsmelding 2007. Stiftelsen Det norske Skogfrøverk: 27 pp.

Skog og landskap 2007. Resultatkontroll skogbruk/miljø. Rapport 2007. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 14/08: 49 pp.

Solberg, I. 2007. Anbefalinger til økt bioenergisatsning innenfor veksthusnæringa. Rapport til Landbruks- og matdepartementet Mars 2007: 19 pp.

SSB 2008. Statistisk sentralbyrå. [www.ssb.no](http://www.ssb.no)

Stamnes, B.T. 1996. Drivstofforbruk ved terrengetransport av skogsvirke. Kandidatoppgave. Høgskolen i Nord-Trøndelag: 44 pp.

Strømnes, R. 1983. Maskinell markberedning og manuell planting. *Norsk Skogbruk* 3/1983.

Strømnes, R. 1986. Tidsstudier av avstandsregulering med motorrydningsag i ung granskog. Rapport fra Norsk institutt for skogforskning 8/86: 23 pp.

Strømsøe, B. 1960. Flatebrenning. Skogbruksboka, Skogforlaget, Oslo.

Transportbrukernes Fellesorganisasjon 2000. Skognæringens transportruter på det offentlige veinett i kystfylkene i år 2025. Rogaland. Transportbrukernes Fellesorganisasjon, Oslo: 46 pp.

Transportbrukernes Fellesorganisasjon 2001. Skognæringens transportruter på det offentlige veinett i kystfylkene i 2015-2035. Sogn og Fjordane. Transportbrukernes Fellesorganisasjon, Oslo: 42 pp.

Transportbrukernes Fellesorganisasjon 2002. Transportstatistikk for norsk rundvirke 2002. Transportbrukernes Fellesorganisasjon, Oslo: 10 pp.

Vadla, K. 1999. Verdiøkning og lønnsomhet ved stammekvisting. (En litteraturstudie). Rapport fra skogforskningen. Supplement 7: 15 pp.

Vik, T. & Jacobsen, R. 1996. Profesjonelle skogsarbeideres kostnader til motorsag ved motormanuell hogst. Notat. Norsk institutt for skog og landskap: 10 pp.

Wærp, S., Flæte, P.O. & Svanæs, J. 2008. MIKADO - Miljøegenskaper for tre- og trebaserte produkter over livsløpet. Et litteraturstudium. SINTEF Byggforsk. Prosjektrapport 14/2008: 65 pp.

Yara 2008. Yara Norge AS.

[http://fert.yara.no/no/products\\_services/product\\_range/add\\_fertilizers/skog-kas.html](http://fert.yara.no/no/products_services/product_range/add_fertilizers/skog-kas.html)

Örlander, G., Gemmel, P. & Hunt, J. 1990. Site Preparation, a Swedish overview. FRDA Rep No. 105. Econ & Regional Dev. Agree. B.C., Canada.

**Tabell 4. Beregnet energiforbruk og utslipp**

Prosess	Energiforbruk pr. m <sup>3</sup> sagtømmer	Kjemikalier		Utslipp (gram pr. m <sup>3</sup> sagtømmer)							
		Totalt	Pr. m <sup>3</sup>	Drivhusgasser			Forsurende gasser			Partikler	
				CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	
Skogfrøproduksjon -drift av Skogfrøverket	<sup>1)</sup> 0,22 MJ			1,61 *	0,00002 *	0,00020 *	0,00127 *	0,00041 *	0,00000 *	0,00008 *	
Produksjon av skogplanter - olje til oppvarming av veksthus	<sup>1)</sup> 2,21 MJ			162,37	0,00154	0,02049	0,12805	0,04098	0,00000	0,00768	
Produksjon av skogplanter - behandling mot snutebiller (180 liter Karate Zeon og 48 kg Merit Forest)	<sup>1)</sup>	45 kg lambda-cyhalotrin 33,6 kg imidakloprid	5,5 mg lambda-cyhalotrin 4,1 mg imidakloprid								
Markberedning - diesel	<sup>1)</sup> 0,51 MJ			37,28	0,01529	0,00200	0,37985	0,00033	0,00006	0,08350	
Skogplanting - bensin til transport av mannskap og planter	<sup>1)</sup> 0,30 MJ			21,69	0,00198	0,00742	0,05749	0,00007	0,01021	0,00105	
Ungskogpleie - bensin (ryddesag)	<sup>1)</sup> 1,93 MJ			137,56	0,33841	0,26369	0,08790	0,00044	0,00000	0,35159	
Sprøyting - lauvkratt, flerårig ugras	<sup>1)</sup>	670 kg glyfosat	82 mg glyfosat								
Gjødsling - kalkammonsalpeter	<sup>1)</sup>		42,5 g								
Avvirkning og terr.transport -diesel hogstmaskin/lassbærer	<sup>2)</sup> 85,07 MJ			6257,58	2,56620	0,33558	63,76020	0,05480	0,00987	14,01540	
Avvirkning - kjedeolje (hogstmaskin)	<sup>2)</sup> 1,23 MJ										
Tømmertransport på bilvei Sagtømmer, diesel	<sup>3)</sup> 61,54 MJ			4526,76	0,17929	0,13834	33,84731	0,03964	0,00417	1,12212	
<b>Sum</b>	<b>153 MJ</b>			<b>11144,85</b>	<b>3,10271</b>	<b>0,76773</b>	<b>98,26207</b>	<b>0,13666</b>	<b>0,02430</b>	<b>15,58142</b>	

<sup>1)</sup> Beregnet ut fra aktivitetsdata i 2007

<sup>2)</sup> Beregnet pr. m<sup>3</sup> industrivirke (tømmer)

<sup>3)</sup> Beregnet pr. m<sup>3</sup> sagtømmer

\* Beregnede utslipp gjelder forbrenning av fyringsolje

## Vedlegg 1 - Utslippsfaktorer

Utslippsfaktorer benyttet i beregningene. Tabellene nedenfor er hentet fra Aasestad (2008).

### CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and heavy metals - Stationary and mobile combustion

Table B1. General emission factors for CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and heavy metals

	CO <sub>2</sub> tonne/tonne	SO <sub>2</sub> <sup>1</sup> kg/tonne	Pb g/tonne	Cd g/tonne	Hg g/tonne	As g/tonne	Cr g/tonne	Cu g/tonne
Coal	2.52	<b>16<sup>2</sup></b>	0.2 <sup>2</sup>	0.003 <sup>2</sup>	0.05 <sup>2</sup>	0.089 <sup>2</sup>	0.065 <sup>2</sup>	0.087 <sup>2</sup>
Coke	3.19	<b>18</b>	0.2 <sup>2</sup>	0.003 <sup>2</sup>	0.05 <sup>2</sup>	0.089 <sup>2</sup>	0.065 <sup>2</sup>	0.087 <sup>2</sup>
Petrol coke	3.59	<b>18</b>	0.2	0.003	0.05	0.089	0.065	0.087
Motor gasoline	3.13	0.01	<b>0.03<sup>3</sup></b>	0.01	0	0.05	0.05	1.7
Aviation gasoline	3.13	0.4	675.7	0.01	0	0.05	0.05	1.7
Kerosene (heating)	3.15	<b>0.28</b>	0.07	0.01	0.03	0.05	0.04	0.05
Jet kerosene	3.15	<b>0.28</b>	0.07	0.01	0.03	0.05	0.05	0.05
Auto diesel	3.17	<b>0.02776<sup>4</sup></b>	0.1	0.01	0.05	0.05	0.05	1.7
Marine gas oil/diesel	3.17	<b>1.8</b>	0.1	0.01	0.05	0.05	0.04	0.05
Light fuel oils	3.17	<b>0.8</b>	0.1	0.01	0.05	0.05	0.04	0.05
Heavy distillate	3.17	<b>4.6</b>	0.1	0.01	0.05	0.05	0.04	0.05
Heavy fuel oil	3.2	<b>13.6<sup>6</sup></b>	1	0.1	0.2	0.057	1.35	0.53
Natural gas (1000 Sm <sup>3</sup> )	<b>2.34</b>	0	0.00025	0.002	0.001	0.004	0.021	0.016
LPG	3	0	0	0	0	0.004	0.021	0.016
Refinery gas	2.8	0	0	0	0	0.004	0.021	0.016
Blast furnace gas	1.571	0	0	0	0	0.004	0.021	0.016
Fuel gas	2.5	0	0	0	0	0.004	0.021	0.016
Landfill gas	0	<b>0.019</b>	0	0	0	0.004	0.021	0.016
Biogas	0 <sup>5</sup>	0	0.000294	0.001998	0.001175	0.004446	0.024679	0.018803
Fuel wood	0	0.2	0.05	0.1	0.010244	0.159	0.152	0.354
Wood waste	0	0.37	0.05	0.1	0.010244	0.159	0.152	0.354
Black liquor	0	0.37	0.05	0.1	0.010244	0.159	0.152	0.354
Municipal waste	0.251	<b>1.4</b>	<b>0.00304</b>	<b>0.00015</b>	<b>0.00016</b>	0.022	0.001	0.000985
Special waste	3.2	<b>9.2</b>	14	0.6	0.2	1	31	25

<sup>1</sup> Apply 2005 to petroleum products; the factors changes yearly, in accordance with changes in the sulphur content in the products.

<sup>2</sup> Apply to industry.

<sup>3</sup> From 1997 - considerably higher earlier years. Earlier used factors are not shown in this Appendix.

<sup>4</sup> Apply to road traffic. Weighted average of duty-free and dutiable auto diesel.

<sup>5</sup> Stationary combustion.

<sup>6</sup> CO<sub>2</sub> emissions from biogas were erroneously included in the 2008 inventory.

Numbers in italics have exceptions for some sectors, see Table B2, B5 and B6. Bold numbers are different for different years, see Table B3, B4 and B6.

Source: Norwegian Petroleum Industry Association, Rosland (1987), SFT (1990), SFT (1996), Finstad et al. (2001) and Finstad et al. (2003).

## Road traffic - CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO, NH<sub>3</sub>, particles and PAH

Table B10. General emission factors for road traffic

Source	Fuel	CH <sub>4</sub> kg/tonne	N <sub>2</sub> O kg/tonne	NO <sub>x</sub> kg/tonne	NMVOC kg/tonne	CO kg/tonne	NH <sub>3</sub> kg/tonne	TSP, PM10 kg/tonne	PM2.5 kg/tonne	PAH g/tonne	PAH- OSPAR g/tonne	PAH-4 g/tonne	Dioxin ug/tonne
M.1A3B.1 Passenger car	V11 Motor gasoline	1.07078	0.28613	8.29556	12.6118	104.638	1.47245	0.15142	0.15142	1.000068	0.445696	0.125624	0.1
	V15 Auto diesel	0.0434	0.07819	5.90325	1.38075	8.0904	0.02267	1.31487	1.26352	4.366809	2.382979	0.446809	0.1
	V31 Naturgass	0.261	0.0255	0.871	0.0653	1.69	0	0.122	0.122	0.0153	0.00085	0	0.05
	V32 LPG	0.195	0.213	4.61	1.78	13.4	0.973	0.0745	0.0745	0	0	0	0.06
M.1A3B.2 Other light duty cars	V11 Motor gasoline	0.58441	0.14757	7.8524	9.52426	86.792	0.78646	0.11514	0.11514	1.000068	0.445696	0.125624	0.1
	V15 Auto diesel	0.05219	0.04758	5.66308	1.70192	11.0205	0.01377	1.2268	1.17548	4.366809	2.382979	0.446809	0.1
M.1A3B.3 Heavy duty vehicles	V11 Motor gasoline	0.79625	0.04528	24.2507	12.4028	64.9399	0.09256	0.10023	0.10023	1.994992	0.997496	0.21	0.1
	V15 Auto diesel	0.09688	0.12555	23.7026	2.52142	5.5787	0.00292	0.7858	0.73808	3.563499	1.78175	0.428321	0.1
	V31 Naturgass	4.29	0.0255	11.8	1.073	2.51	0	0.122	0.122	0.0153	0.00085	0	0.05
M.1A3B.41 Moped	V11 Motor gasoline	5.85474	0.05855	2.73767	367.532	699.883	0.05306	0.13956	0.13956	2	0.53	0.08	0.1
M.1A3B.42 Motorcycle	V11 Motor gasoline	4.93887	0.0516	6.96265	130.653	711.211	0.05107	0.14497	0.14497	2	0.53	0.08	0.1

Bold numbers are different for different years, but only the 2005 data are shown in this Appendix, except for CH<sub>4</sub> (Table B11) and N<sub>2</sub>O (Table B12).

Source: SFT (1999c), Bang (1993) and Finstad et al. (2001).

## Other mobile sources including railways - CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO, NH<sub>3</sub>, particles and POPs

Table B17. General emission factors for other mobile sources

		CH <sub>4</sub> kg/ tonne	N <sub>2</sub> O kg/ tonne	NO <sub>x</sub> kg/ tonne	NMVOC kg/ tonne	CO kg/ tonne	NH <sub>3</sub> Tonne	TSP, PM <sub>10</sub> kg/ tonne	PM <sub>2.5</sub> kg/ tonne	PAH g/ tonne	PAH- OSPA R g/tonn e	PAH-4 g/ tonne	Dioxin ug/ tonne
M.1A3C Railway	V15 Auto diesel	0.18	1.2	47	4	11	0	3.8	3.8	3.3	0.53	0.08	0.1
M.1A3E.21 Small boats 2 stroke	V11 Motor gasoline	5.1	0.02	6	240	415	0	8	8	2	0.53	0.08	0.1
M.1A3E.22 Small boats 4 stroke	V11 Motor gasoline	1.7	0.08	12	40	1000	0	1	1	2	0.53	0.08	0.1
	V15 Auto diesel	0.18	0.03	54	27	25	0	4	4	3.3	0.53	0.08	0.1
M.1A3E.31 Motorized equipment 2 stroke	V11 Motor gasoline	6	0.02	2 <sup>1</sup>	500	700	0	8	8	2	0.53	0.08	0.1
M.1A3E.32 Motorized equipment 4t	V11 Motor gasoline	2.2	0.07	10	110	1200	0	1	1	2	0.53	0.08	0.1
	V15 Auto diesel	0.17	1.3	33.7	6	15	0.005	4	3.8	3.3	0.53	0.08	0.1
	V18 Light fuel oils	0.17	1.3	50	6	15	0.005	7.1	6.75	3.3	0.53	0.08	0.1

M.1A3E.1 Snow scooter has the same emission factors as M.1A3B.41 Moped, see Table B9.

Bold numbers are different for different years. <sup>1</sup>Before 1995 the emission factor was 1.3.

Numbers in italics have exceptions for some sectors, see Table B18, Table B19 and Table B20.

Sources: Bang (1993), SFT (1999c), Finstad et al. (2001), Finstad et al. (2002a), Finstad et al. (2003) and Winther and Nielsen (2006).

**Table B18. Exceptions from the general factors for greenhouse gases and precursors for other mobile sources**

Component	Emission factor (kg/tonne)	Fuel	Source	Sectors	
CH <sub>4</sub>	6.2	V11	Motor gasoline	M.1A3E.31 Motorized equipment 2 stroke	230100
CH <sub>4</sub>	3.7	V11	Motor gasoline	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230100
CH <sub>4</sub>	7.7	V11	Motor gasoline	M.1A3E.31 Motorized equipment 2 stroke	230200
CH <sub>4</sub>	8.1	V11	Motor gasoline	M.1A3E.31 Motorized equipment 2 stroke	330000
CH <sub>4</sub>	5.5	V11	Motor gasoline	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	330000
CH <sub>4</sub>	0.18	V15	Auto diesel	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	330000
N <sub>2</sub> O	0.08	V11	Motor gasoline	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	231000-233720
NO <sub>x</sub>	36.4	V15	Auto diesel	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230100
NO <sub>x</sub>	32.3	V15	Auto diesel	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230200
NO <sub>x</sub>	54	V18	Light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230100
NO <sub>x</sub>	52	V18	Light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230200
NO <sub>x</sub>	47	V18	Light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	231300-231400, 236010
NO <sub>x</sub>	48	V18	Light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	232640, 247520
NO <sub>x</sub>	46	V18	Light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	234500
NMVOG	7.2	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230100
NMVOG	5.7	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230200
NMVOG	4	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	231300-231400, 236010
NMVOG	4.8	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	232640, 247520
NMVOG	3.8	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	234500
CO	25	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230100
CO	20	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230200
CO	11	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	231300-231400, 236010
CO	17	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	234500
CO	18	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	247520

**Table B19. Exceptions from the general factors for other pollutants for other mobile sources**

Component	Emission factor (kg/tonne)	Fuel	Source	Sectors	
TSP, PM <sub>10</sub>	7.1	V15	Auto diesel	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230100-230200
TSP, PM <sub>10</sub>	3.8	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	231300-231400, 236010
TSP, PM <sub>10</sub>	4.2	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	232640
TSP, PM <sub>10</sub>	5.3	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	234500
TSP, PM <sub>10</sub>	5.4	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	247520
PM <sub>2.5</sub>	6.75	V15	Auto diesel	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	230100-230200
PM <sub>2.5</sub>	3.61	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	231300-231400, 236010
PM <sub>2.5</sub>	3.99	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	232640
PM <sub>2.5</sub>	5.04	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	234500
PM <sub>2.5</sub>	5.13	V15, 18	Auto diesel, light fuel oils	M.1A3E.32 Motorized equipment 4 stroke	247520

## CH<sub>4</sub> - Stationary combustion

Table B22. General emission factors, kg CH<sub>4</sub>/tonne fuel

Source	V01 Coal	V02 Coke	V03 Petrol coke	V41 Fuel wood	V42 Wood waste	V43 Black liquor	V44 Wood pellets	V45 Wood briquettes	V04 Char- coal	V31 Natural gas (1000 Sm <sup>3</sup> )	V33 Re- finery gas	V34 Blast- furnace gas	V36 Land- fill gas	V35 Fuel gas	V32 LPG	V13 Kero- sene (heating)	V17 Marine oil/ diesel	V18 Light oil	V19 Heavy oil tillate	V20 Heavy fuel oil	V51 Muni- cipal oil waste	V52 Special waste
S.01 Direct- fired furnaces	0.028	0	0							0.050	0.054	0.054		0.05			0.018		0.04	0.04		0.04
S.02 Gas turbines										0.91							0					
S.03 Boilers	0.28	0.28	0.28		0.25	0.25	0.25	0.25		0.2	0.24	0.24	0.24	0.24	0.17	0.17	0.4	0.4	0.4	0.4	0.23	0.4
S.04 Small stoves	8.4	8.4		5.3			5.3		8.4						0.24	0.3		0.4	0.4			
S.1B2C Flares										0.24	0.28		0.37									

Numbers in italics have exceptions for some sectors, see Table B23.

Source: IPCC (1997b), SFT (1996), SINTEF (1995) and OLF (1994).

## N<sub>2</sub>O - Stationary combustion

Table B24. General emission factors, kg N<sub>2</sub>O/tonne fuel

Source	V01 Coal	V02 Coke	V03 Petrol coke	V41 Fuel wood	V42 Wood waste	V43 Black liquor	V44 Wood pellets	V45 Wood bri- quettes	V04 Char- coal	V31 Natural gas (1000 Sm <sup>3</sup> )	V33 Re- finery gas	V34 Blast- furn- ace gas	V36 Land- fill gas	V35 Fuel gas	V32 LPG	V13 Kero- sene (heating)	V17 Marine oil/ diesel	V18 Light oil	V19 Heavy oil tillate	V20 Heavy fuel oil	V51 Muni- cipal waste	V52 Special waste
S.01 Direct- fired furnaces	0	0	0							0.020	0.024	0.024	0.024	0.024			0.03		0.03	0.03		0.03
S.02 Gas turbines										0.019							0.024					
S.03 Boilers	0.04	0.04	0.04		0.07	0.07	0.07	0.07		0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.035	0.03
S.04 Small stoves	0.04	0.04		0.032			0.032		0.04						0.03	0.03		0.03	0.03			
S.1B2C Flares										0.020	0.024		0.002									

Numbers in italics have exceptions for some sectors, see Table B25.

Source: IPCC (1997b), SFT (1996) and OLF (1994).

## NO<sub>x</sub> - Stationary combustion

Table B26. General emission factors. kg NO<sub>x</sub>/tonne fuel

Source	V01	V02	V03	V41	V42	V43	V44	V45	V04	V31	V33	V34	V36	V35	V32	V13	V17	V18	V19	V20	V51	V52
	Coal	Coke	Petrol	Fuel	Wood	Black	Wood	Wood	Char-	Natural	Re-	Blast	Land-	Fuel	LPG	Kero-	Marine	Light	Heavy	Heavy	Municipi-	Special
	coke	wood	waste	liquor	pellets	quettes	bri-	coal	(1000	gas	finery	furn-	fill	gas	(heating)	oil/	oil/	oil/	oil/	oil	oil	waste
									Sm <sup>3</sup> )	gas	gas	gas	gas	gas	gas	diesel	diesel	diesel	diesel	diesel	diesel	diesel
S.01 Direct-fired furnaces	16	20	20	.	.	.	.	.	.	5.95	5.4	5.4	.	5.4	.	.	70	.	5	5	.	5
S.02 Gas turbines	.	.	.	.	.	.	.	.	.	<b>6.27</b>	.	.	.	.	.	.	16	.	.	.	.	.
S.03 Boilers	3	3	3.4	.	0.9	0.9	1.3	1.3	.	2.55	3	3	0.01	3	2.3	3	2.5	2.5	2.5	4.2	1.365	4.2
S.04 Small stoves	3	3	<b>0.981</b>	.	.	.	1.1	.	1.4	.	.	.	.	.	2.3	2.5	.	2.5	2.5	.	.	.
S.1B2C Flares	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4	7	.	0.17	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Numbers in italics have exceptions for some sectors, see Table B27, and bold numbers are different for different years, see Table B28.

Source: Rosland (1987).

## NH<sub>3</sub> - Stationary combustion

Table B34. General emission factors. kg NH<sub>3</sub>/tonne fuel

Source	V01	V02	V03	V41	V42	V43	V44	V45	V04	V31	V33	V34	V36	V35	V32	V13	V17	V18	V19	V20	V51	V52
	Coal	Coke	Petrol	Fuel	Wood	Black	Wood	Wood	Char-	Natural	Re-	Blast	Land-	Fuel	LPG	Kero-	Marine	Light	Heavy	Heavy	Municipi-	Special
	coke	wood	waste	liquor	pellets	quettes	bri-	coal	(1000	gas	finery	furn-	fill	gas	(heating)	oil/	oil/	oil/	oil/	oil	oil	waste
									Sm <sup>3</sup> )	gas	gas	gas	gas	gas	gas	diesel	diesel	diesel	diesel	diesel	diesel	diesel
S.04 Small stoves	.	.	0.066	.	.	.	0.066	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
All other sources	0	0	0	.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



## Particulate matter - Stationary combustion

Table B35. General emission factors, kg particle component/tonne fuel

Component	Source	V01 Coal	V02 Coke	V03 Petrol coke	V41 Fuel wood	V42 Wood waste	V43 Black liquor	V44 Wood pellets	V45 Wood bri- quettes	V04 Char- coal	V31 Natural gas (1000 Sm <sup>3</sup> )	V33 Re- finery gas	V34 Blast furn- ace gas	V36 Landf ill gas	V35 Fuel gas	V32 LPG	V13 Kero- sene (heat- ing)	V17 Marine gas oil/ diesel	V18 Light fuel oils	V19 Heavy dis- tillate	V20 Heavy fuel oil	V51 Municipal waste	V52 Special waste
TSP	S.01 Direct- fired furnaces	1.6	1.6	1.6	.	.	.	.	.	.	0.122	0.144	0.144	0.144	.	.	.	0.286	.	*)	*)	.	5.68
TSP	S.02 Gas turbines	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.122	.	.	.	.	.	.	0.286	.	.	.	.	.
TSP	S.03 Boilers	1.6	1.6	1.6	.	0.22	0	0.216	0.216	.	0.122	0.144	0.144	0.144	0.144	0.136	0.296	0.286	0.286	*)	*)	0.05	5.68
TSP	S.04 Small stoves	4.2	2.85	3.5	27.92	.	.	1.1	.	2.4	.	.	.	.	0.136	0.3	.	0.3	.	.	.	.	.
TSP	S.1B2C Flares	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.002	0.144	0.144	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PM <sub>10</sub>	S.01 Direct- fired furnaces	1.14	1.14	1.14	.	.	.	.	.	.	0.122	0.144	0.144	0.144	0.144	0.136	0.148	0.143	0.15	*)	*)	0.05	4.87
PM <sub>10</sub>	S.02 Gas turbines	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.122	.	.	.	.	.	.	0.143	.	.	.	.	.
PM <sub>10</sub>	S.03 Boilers	1.14	1.14	1.14	0.22	0	0.216	0.216	.	0.122	0.144	0.144	0.144	0.144	0.144	0.136	0.148	0.143	0.15	*)	*)	0.05	4.87
PM <sub>10</sub>	S.04 Small stoves	2.8	1.71	2.1	27.92	.	.	1.1	.	2.4	.	.	.	.	0.136	0.16	.	0.155	.	.	.	.	.
PM <sub>10</sub>	S.1B2C Flares	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.002	0.144	0.144	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
PM <sub>2.5</sub>	S.01 Direct- fired furnaces	0.82	0.82	0.82	.	.	.	.	.	.	0.122	0.144	0.144	0.144	0.144	0.136	0.037	0.12	0.12	*)	*)	0.05	3.2
PM <sub>2.5</sub>	S.02 Gas turbines	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.122	.	.	.	.	.	.	0.036	.	.	.	.	.
PM <sub>2.5</sub>	S.03 Boilers	0.82	0.82	0.82	0.22	0	0.216	0.216	.	0.122	0.144	0.144	0.144	0.144	0.144	0.136	0.037	0.12	0.12	*)	*)	0.05	3.2
PM <sub>2.5</sub>	S.04 Small stoves	0.86	0.86	1.05	27.92	.	.	1.1	.	2.4	.	.	.	.	0.136	0.12	.	0.119	.	.	.	.	.
PM <sub>2.5</sub>	S.1B2C Flares	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.002	0.144	0.144	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Numbers in italics have exceptions for some sectors, see Table B37, and bold numbers are different for different years, see Table B38.

\* General emission factors for all sources for heavy distillate and heavy fuel oil are given in Table B36 for all years.

Source: Finstad et al. (2003).