

*Anne Finstad, Gisle Haakonsen, Eli Kvingedal og  
Kristin Rypdal*

**Utslipp til luft av noen  
miljøgifter i Norge**  
Dokumentasjon av metode og  
resultater

## Rapporter

I denne serien publiseres statistiske analyser, metode- og modellbeskrivelser fra de enkelte forsknings- og statistikkområder. Også resultater av ulike enkeltundersøkelser publiseres her, oftest med utfyllende kommentarer og analyser.

## Reports

This series contains statistical analyses and method and model descriptions from the different research and statistics areas. Results of various single surveys are also published here, usually with supplementary comments and analyses.

© Statistisk sentralbyrå, juni 2001

Ved bruk av materiale fra denne publikasjonen, vennligst oppgi Statistisk sentralbyrå som kilde.

ISBN 82-537- 4954-6

ISSN 0806-2056

### Emnegruppe

01.04.10 Luft

Design: Enzo Finger Design

Trykk: Statistisk sentralbyrå/310

<b>Standardtegn i tabeller</b>	<b>Symbols in tables</b>	<b>Symbol</b>
Tall kan ikke forekomme	Category not applicable	.
Oppgave mangler	Data not available	..
Oppgave mangler foreløpig	Data not yet available	...
Tall kan ikke offentliggjøres	Not for publication	:
Null	Nil	-
Mindre enn 0,5 av den brukte enheten	Less than 0.5 of unit employed	0
Mindre enn 0,05 av den brukte enheten	Less than 0.05 of unit employed	0,0
Foreløpig tall	Provisional or preliminary figure	*
Brudd i den loddrette serien	Break in the homogeneity of a vertical series	—
Brudd i den vannrette serien	Break in the homogeneity of a horizontal series	
Rettet siden forrige utgave	Revised since the previous issue	r

# Sammendrag

*Anne Finstad, Gisle Haakonsen, Eli Kvingedal og Kristin Rypdal*

## **Utslipp til luft av noen miljøgifter i Norge**

Dokumentasjon av metode og resultater

### **Rapporter 2001/17 • Statistisk sentralbyrå 2001**

I dette arbeidet er det samlet informasjon om utslipp til luft av tungmetallene bly, kvikksølv og kadmium samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i Norge. Utslipp er beregnet for alle kjente utslippskilder. Dataene er basert på utslipp rapportert direkte fra store bedrifter og beregninger basert på aktivitetsdata og utslippsfaktorer. Det er generelt knyttet stor usikkerhet til utslipp av miljøgifter. Usikkerheten er høyere for 1990 enn for de senere årene.

Tallene viser at utslippene til luft av miljøgifter er lavere i dag enn i 1990. Reduksjonen har vært særlig stor for utslipp av bly på grunn av utfasing av bly tilsatt bensin. Dette arbeidet viser imidlertid også at utslippsnivået av miljøgifter er høyere enn det vi tidligere har trodd. Det skyldes hovedsakelig at rapporteringen til Statens forurensningstilsyn (SFT) av utslipp fra store industribedrifter er mer komplett enn tidligere, men også at alle kjente utslippskilder er inkludert i beregningene. Utslipp fra industrien er redusert siden 1990. Det innebærer at betydningen av mindre utslippskilder slik som vedforbrenning, veitrafikk og annen forbrenning relativt sett øker i betydning.

**Prosjektstøtte:** Arbeidet er del-finansiert av Statens forurensningstilsyn.



# Innhold

---

<b>Oppsummering .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Innledning .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Metode.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Utslipp av PAH .....</b>	<b>13</b>
3.1. Skadevirkninger .....	13
3.2. Definisjoner .....	13
3.3. Datagrunnlag.....	13
3.4. Resultater .....	33
3.5. Svakheter i datagrunnlaget/videre arbeid .....	35
<b>4. Utslipp av bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) .....</b>	<b>36</b>
4.1. Skadevirkninger .....	36
4.2. Datagrunnlag.....	36
4.3. Resultater .....	46
4.4. Svakheter i datagrunnlaget/videre arbeid .....	48
<b>Referanser .....</b>	<b>49</b>
<b>Vedlegg</b>	
A. Utslippsfaktorer for forbrenning. 1999.....	52
B. Resultater .....	56
C. Beregning av utslipp i 1990 .....	62
<b>Tidligere utgitt på emneområdet .....</b>	<b>63</b>
<b>De sist utgitte publikasjonene i serien Rapporter.....</b>	<b>64</b>

---

# Figurregister

---

## Oppsummering

1. Utslipp til luft av PAH-total, bly, kadmium og kvikksølv. 1990-1999.....	10
---	----

---

## 3. Utslipp av PAH

3.1 Utslipp av PAH som funksjon av belastning på ildsted.....	20
3.2. Utslipp til luft etter kilde av PAH-total. 1999.....	33
3.3. Utslipp til luft av PAH-total. 1990-1999.....	33
3.4. Utslipp til luft etter kilde av PAH-6. 1999.....	34
3.5. Utslipp til luft av PAH-6. 1990-1999.....	34
3.6. Utslipp til luft etter kilde av PAH-4. 1999.....	34
3.7. Utslipp til luft av PAH-4. 1990-1999.....	34

---

## 4. Utslipp av bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg)

4.1. Utslipp til luft av bly etter kilde. 1990.....	46
4.2. Utslipp til luft av bly etter kilde. 1999.....	46
4.3. Utslipp til luft av bly. 1980-1999.....	47
4.4. Utslipp til luft av kadmium etter kilde. 1999.....	47
4.5. Utslipp til luft av kadmium. 1990-1999.....	47
4.6. Utslipp til luft av kvikksølv etter kilde. 1999.....	47
4.7. Utslipp til luft av kvikksølv. 1990-1999.....	48

---

# Tabellregister

## 3. Utslipp av PAH

3.1.	PAH omfattet av to ulike norske standarder (NS), U.S.EPA, LRTAP (PAH-4) og Borneff-6 (PAH-6).....	14
3.2.	Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av kull i fyrkjeler. g/tonn.....	15
3.3.	Utslippsfaktorer for PAH ved forbrenning av kull ved sementproduksjon. g/tonn.....	16
3.4.	Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av tungolje og fyringsolje i fyrkjele. g/tonn.....	16
3.5.	Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av treavfall. g/tonn.....	17
3.6.	Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av avlut. g/tonn.....	18
3.7.	Tidligere utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning innen tjenesteyting og landbruk. g/tonn.....	19
3.8.	Valgte utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning innen tjenesteyting, bygg og anlegg og landbruk. g/tonn.....	19
3.9.	Utslippsfaktorer for forbrenning av kull og koks i husholdninger. g/tonn.....	19
3.10.	Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i et tradisjonelt lukket ildsted. g/tonn.....	20
3.11.	Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i rentbrennende lukket ildsted. mg/tonn og g/tonn.....	21
3.12.	Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i peis. g/tonn.....	21
3.13.	Valgte utslippsfaktorer for PAH fra bruk av ved i ovn og peis. g/tonn.....	22
3.14.	Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av fyringsparafin i husholdningene. g/tonn.....	22
3.15.	Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av fyringsolje i husholdningene. g/tonn.....	22
3.16.	PAH fra forbrenning av avfall og biobrensel. g/tonn.....	23
3.17.	Valgte utslippsfaktorer for PAH fra avfallsforbrenning i fjernvarmeanlegg. g/tonn.....	23
3.18.	Utslippsfaktorer for PAH fra kremasjon. mg/kremasjon.....	24
3.19.	Valgte utslippsfaktorer for PAH fra kremasjoner.....	24
3.20.	Utslippsfaktorer for PAH fra sigarettøyking.....	24
3.21.	Utslippsfaktorer for PAH fra åpen brenning av hageavfall. g/tonn.....	25
3.22.	Utslippsfaktorer for PAH fra halmbrenning. g/tonn.....	25
3.23.	Utslippsfaktorer for utslipp fra utegrilling. g/tonn.....	25
3.24.	Utslipp av PAH-forbindelser fra personbiler. µg/km.....	26
3.25.	Utslipp av PAH-forbindelser fra personbiler. µg/km.....	26
3.26.	Utslipp av PAH-forbindelser fra tunge kjøretøy. mg/kg drivstoff.....	26
3.27.	Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for veitrafikk. g/tonn drivstoff. 1991 og 1999.....	27
3.28.	Utslippsfaktorer for motorredskaper, småbåter og jernbane. g/tonn drivstoff.....	27
3.29.	Utslipp av PAH fra skip. g/tonn drivstoff.....	27
3.30.	Utslippsfaktorer for PAH fra luftfart. g/tonn drivstoff.....	28
3.31.	Typisk innhold av PAH-forbindelser i MT- kreosotolje.....	29
3.32.	Utslippsfaktorer for avdampning fra kreosotbehandlet tre. 10 <sup>-6</sup> kg/m <sup>2</sup> /år. Prosent i parentes.....	29
3.33.	Utslipp av PAH fra bruk av fugemasse. kg PAH/år.....	29
3.34.	PAH-utslippfordeling på komponent i tre anlegg som produserer aluminium etter Søderbergmetoden. Prosent.....	30
3.35.	Utslipp til luft av PAH fra bedrifter som produserer primær aluminium. Tonn.....	30
3.36.	Utslippsprofil for anodebaking. Tre norske anlegg og U.S.EPA. Prosent.....	30
3.37.	PAH-utslipp fra produksjon av forbakte anoder for produksjon av aluminium. Tonn.....	30
3.38.	PAH-utslipp fra produksjon av anoder for produksjon av ferrolegeringer. Tonn.....	31
3.39.	PAH-utslipp fra produksjon av karbider. Tonn.....	31
3.40.	Utslippsfaktorer for PAH fra asfaltverk. mg PAH/tonn asfalt produsert.....	31
3.41.	PAH-profil for veistøv.....	32

## 4. Utslipp av bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg)

4.1.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av kull. g/tonn energivare.....	37
4.2.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av ved. g/tonn energivare.....	37
4.3.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av naturgass. g/tonn energivare.....	38
4.4.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av naturgass. g/kSm <sup>3</sup> energivare.....	38
4.5.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av parafin. g/tonn energivare.....	38
4.6.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av lett fyringsolje og spesialdestillat. g/tonn energivare.....	38
4.7.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av tungolje. g/tonn energivare.....	38
4.8.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av spillolje. g/tonn energivare.....	39
4.9.	Utslipp av tungmetaller fra kommunale avfallsforbrenningsanlegg. kg.....	40
4.10.	Utslipp av tungmetaller fra sykehusforbrenningsanlegg. kg.....	40
4.11.	Utslipp av tungmetaller ved kremering. g/kremasjon.....	40
4.12.	Gjennomsnittlig blyinnhold i bensin. 1980-1999. g/tonn.....	41
4.13.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av bilbensin. g/tonn energivare.....	41
4.14.	Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av jetparafin. g/tonn energivare.....	41

4.15. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av diesel og marin gassolje. g/tonn energivare .....	41
4.16. Utslipp av tungmetaller ved produksjon av ferrolegeringer. kg .....	42
4.17. Utslipp av tungmetaller ved produksjon av primær aluminium. kg.....	42
4.18. Utslipp av tungmetaller ved produksjon av andre metaller og legeringer. kg.....	43
4.19. Utslipp av tungmetaller fra metallbearbeiding og støping. kg .....	43
4.20. Utslipp av tungmetaller fra metallgjenvinning. kg .....	43
4.21. Utslipp av tungmetaller fra produksjon av karbider. kg .....	43
4.22. Utslipp av tungmetaller fra sementproduksjon. kg.....	44
4.23. Utslipp av tungmetaller fra glassproduksjon. kg.....	44
4.24. Utslipp av tungmetaller fra steinullproduksjon. kg .....	44
4.25. Utslipp av kvikksølv fra bruk av termometre, lysstoffrør og analyse- og måleinstrumenter. kg.....	45
4.26. Innhold av tungmetaller i bildekk. g/tonn .....	45
4.27. Utslipp av bly og kadmium. Sammenligning med tidligere beregning. 1998. Tonn .....	48

---

### Vedleggstabeller

A1. Bly. g/tonn.....	52
A2. Kadmium .....	53
A3. Kvikksølv .....	53
A4. PAH-total .....	54
A5. PAH-6 .....	55
A6. PAH-4 .....	55
B1. Bly. kg. 1991-1999.....	56
B2. Kadmium. kg. 1991-1999 .....	57
B3. Kvikksølv. kg. 1991-1999 .....	58
B4. PAH total. kg. 1991-1999 .....	59
B5. PAH-6. kg. 1991-1999 .....	60
B6. PAH-4. kg. 1991-1999 .....	61
C1. Utslipp i 1990. Forenklet beregning. Tonn .....	62

---



# Oppsummering

I dette arbeidet er det samlet informasjon om utslipp til luft av tungmetallene bly, kvikksølv og kadmium samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i Norge. Utslipp er beregnet for alle kjente utslippskilder. Dataene er basert på utslipp rapportert direkte fra store bedrifter og beregninger basert på aktivitetsdata og utslippsfaktorer. Det er generelt knyttet stor usikkerhet til utslipp av miljøgifter. Usikkerheten er høyere for 1990 enn for de senere årene.

PAH omfatter en rekke kjemiske forbindelser. PAH i dette arbeidet er beregnet som "PAH-total" i henhold til norsk standard for aluminiumsindustrien, PAH-6 i henhold til Borneff-6 og PAH-4 i henhold til langtransportkonvensjonen. Ulike kilder gir ulike utslipp av de forskjellige PAH-komponentene. Kildebidragene og endringer i utslipp blir derfor forskjellig for disse tre PAH-grupperingene.

I 1999 var utslippet av PAH-total på 148,5 tonn. Det er 6 prosent mindre enn i 1990, og 4 prosent lavere i forhold til 1995, som er basisår for den nasjonale målsettingen om *en vesentlig reduksjon* i utslippene. 93 prosent av utslippet kom fra stasjonær forbrenning og prosesser, og 37 prosent av det totale PAH-utslippet i 1999 kom fra vedfyring. Disse utslippene har økt med 10 prosent fra 1990 til 1999. Halmbrenning har tidligere gitt store utslipp av PAH-total, men omfanget har trolig gått ned og redusert utslippene. Usikkerheten rundt disse tallene er imidlertid høy. På grunn av prosessomlegginger har utslipp fra aluminiumsproduksjon gått ned med 9,5 prosent, til tross for økt produksjon. I 1999 kom 35 prosent av alt utslipp fra produksjon av aluminium. Bruk av kreosotbehandlede materialer ga et utslipp på 18 tonn i 1999, og det vil si 12 prosent av alt utslipp. Usikkerheten rundt disse tallene er også høy. Utslipp fra mobil forbrenning har holdt seg relativt konstant. Utslippene fra veitrafikk sett i forhold til trafikkarbeidet er imidlertid blitt redusert på grunn av strengere avgasskrav.

Henholdsvis 13,7 og 35,8 tonn ble sluppet ut av PAH-4 og PAH-6 i 1999. Fra 1990 har det skjedd en reduksjon på henholdsvis 8 og 13 prosent. Utslipp fra vedfyring har økt med 10 prosent for begge gruppene fra 1990,

og bidro med henholdsvis 26 og 27 prosent til de totale utslippene av PAH-4 og PAH-6 i 1999. Utslipp fra produksjon av aluminium bidro mest til utslippene av PAH-4 og PAH-6. I 1999 kom 58 prosent av alt PAH-4-utslipp og 43 prosent av alt PAH-6-utslipp fra denne kilden. Utslipp fra karbidproduksjon og kreosotbehandlede materialer bidrar lite til de totale utslippene av PAH-4 og PAH-6. Utslipp fra veitrafikk, skyldes som for PAH-total, i hovedsak forbrenning av diesel, men bidro lite til totalt utslipp.

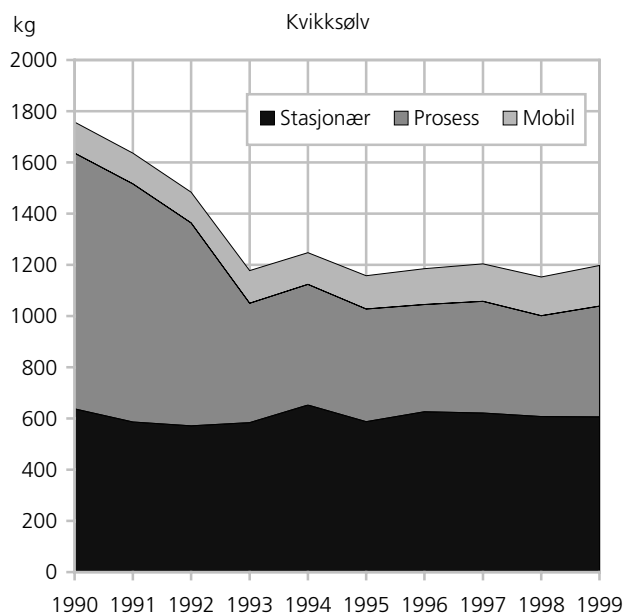
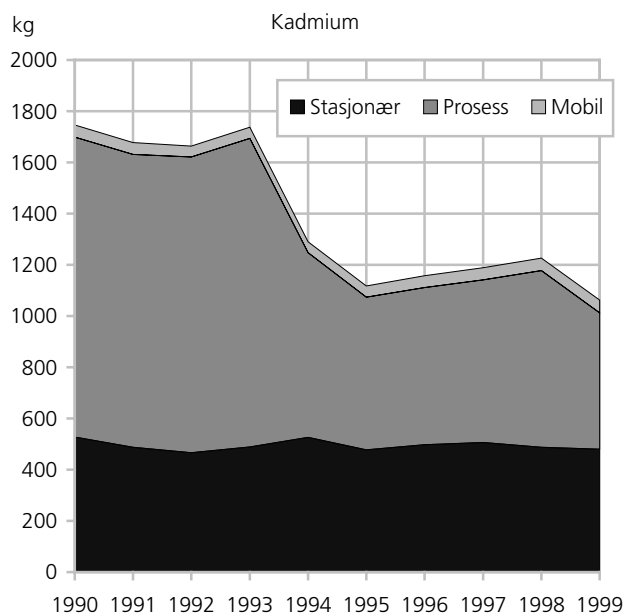
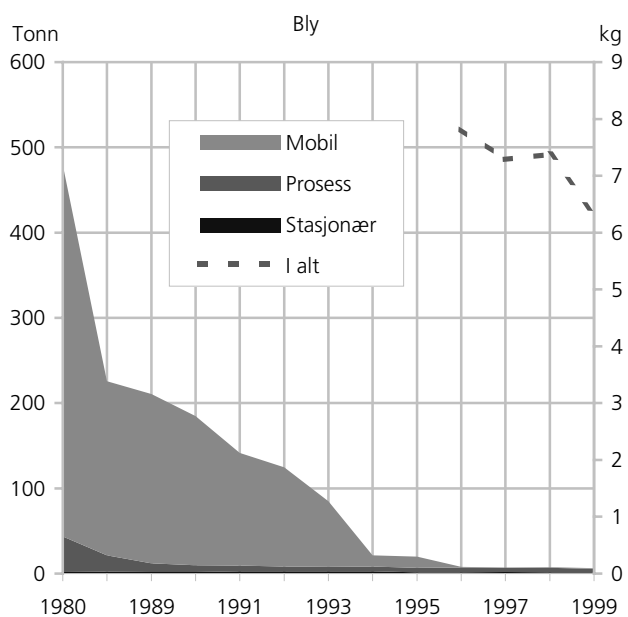
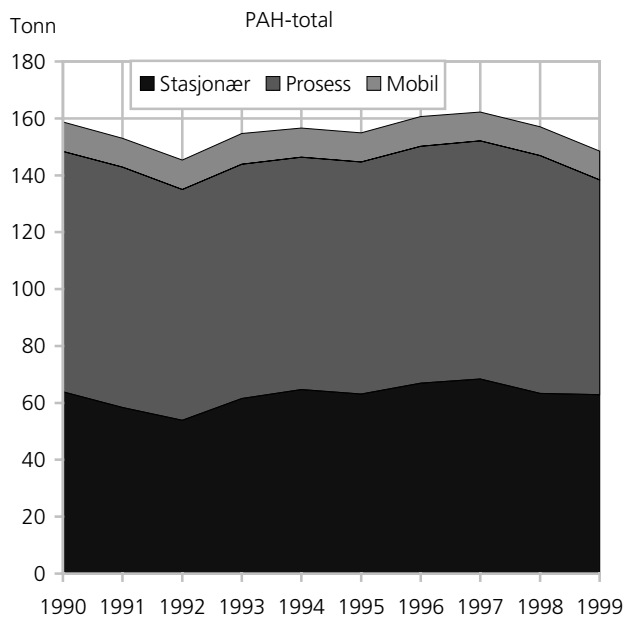
Utslipp til luft av bly er redusert med hele 97 prosent siden 1990. Dette skyldes i hovedsak at det ikke har vært bensin tilsatt bly på det norske markedet siden 1997. Utslipp fra prosessindustrien er den viktigste kilden til bly i dag. Nær halvparten av blyutslippet i 1999 kom fra produksjon av jern, stål og ferrolegeringer. Utslippene fra industrien er redusert med 40 prosent siden 1990, hovedsakelig som følge av nedleggelse av industribedrifter med høye utslipp. På grunn av forbedret rapportering fra industrien er disse utslippene i 1998 mer enn dobbelt så høye som tidligere publiserte tall. Mobil forbrenning bidro kun med 11 prosent av totalt utslipp i 1999, sammenlignet med 95 prosent i 1990. I dag er det blytilsatt flybensin brukt i innenriks luftfart som bidrar mest til blyutslippet fra mobil forbrenning.

Utslipp til luft av kadmium er redusert med 39 prosent siden 1990 og 5 prosent siden 1995. Årsaken til den store reduksjonen siden 1990 er at utslippene fra metallproduksjon er redusert med 58 prosent. Dette skyldes hovedsakelig en nedgang i utslipp fra produksjon av sink. Dagens nivå (1998) på utslippene av kadmium fra prosessindustrien er omtrent dobbelt så høyt som det tidligere publiserte tall viser. Dette skyldes bedre og mer fullstendig rapportering fra industrien. Over halvparten av utslippet i 1999 kom fortsatt fra prosessvirksomhet, primært fra jern, stål og ferrolegeringsvirksomhet. 45 prosent av alt kadmiumutslipp kom fra stasjonær forbrenning, hovedsakelig vedfyring og treforedlingsindustri. Utslipp fra disse to kildene har økt i samme periode. Tallene er imidlertid usikre. Mobil forbrenning har økt med 7 prosent, men bidro i 1999 kun med 5 prosent til det totale utslippet av kadmium.

Det har vært en reduksjon i utslipp til luft av kvikksølv på 32 prosent siden 1990. Fra 1995 til 1999 har utslippene økt med 3,5 prosent. Nedgangen fra 1990 skyldes i hovedsak en reduksjon i kvikksølvutslippet fra produksjon av jern, stål og ferrolegeringer på 45 prosent. Allikevel kom 28 prosent av utslippet fra denne kilden i 1999. I tillegg kom en reduksjon i bruken av kvikksølvholdige produkter, som termometre og

amalgamfyllinger, på hele 85 prosent. 25 prosent av kvikksølvutslippet kom fra forbrenning i industrien, primært fra treforedlingsindustrien. Tallene her er imidlertid usikre. Utslipp fra mobil forbrenning økte med 31 prosent og bidro i 1999 med 13 prosent til det totale utslippet. Økte utslipp fra mobil forbrenning skyldes økt forbruk av diesel i bil, skip og båt.

Figur 1. Utslipp til luft av PAH-total, bly, kadmium og kvikksølv. 1990-1999



# 1. Innledning

Miljøgifter er nå omfattet av konvensjonen som skal begrense regional luftforurensning i Europa (Convention on Long Range Transport Air Pollution - LRTAP). Miljøgiftene er regulert i to protokoller, en for tungmetaller (LRTAP-HM) og en for organiske forbindelser (LRTAP-POP). Så langt inneholder protokollene forpliktelser for reduksjon i utslipp bl.a. av bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) samt polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), dioksiner/furaner og heksaklorobenzon. Utslippene skal reduseres uspesifisert i forhold til et basisår (for Norge 1990). Forpliktelsene i protokollene er i dag svakere enn de nasjonale målsettingene for disse stoffene og målsettinger for reduksjoner under Nordsjøavtalen. I Stortingsmelding nr. 58 (1996-97) står de nasjonale målsettingene. Utslippene av bl.a. PAH, bly, kadmium og kvikksølv skal reduseres vesentlig senest innen år 2010 i forhold til dagens nivå. Man har valgt å bruke 1995 som basisår for vurderinger av denne målsettingen.

For de fleste miljøgiftene har det vært store endringer i utslippsnivået de senere årene. Utslipp av bly fra bensin er blitt kraftig redusert. Utslipp av miljøgifter fra industribedrifter er også blitt redusert mye. Det innebærer at utslipp fra andre kilder relativt sett har økt i betydning. Statens forurensningstilsyn (SFT) har i år 2000 gjennomført en gjennomgang av egenrapporteringen av miljøgiftutslipp fra bedrifter, noe som har forbedret datagrunnlaget for industribedrifter. I forbindelse med internasjonale miljøavtaler og nasjonale resultatmål er det behov for konsistente utslippsdata som dekker alle kilder og kan vise utvikling over tid. SSB har lenge beregnet utslipp av bly og kadmium i den nasjonale utslippsmodellen. Det er imidlertid behov for en gjennomgang av datagrunnlaget. Formålet med dette arbeidet er å utvikle konsistente utslippsoversikter for prioriterte miljøgifter fordelt på kilde og næring for perioden 1990-1999. Miljøgifter som kun er knyttet til bruk av spesifikke kjemikalier er holdt utenom fordi disse enkelt kan beregnes uten en utslippsmodell.

Denne rapporten dokumenterer beregningene av utslipp av bly, kadmium, kvikksølv og PAH i perioden 1990-1999. Et lignende arbeid vil i framtiden bli

gjennomført for de resterende prioriterte miljøgiftene, forutsatt finansiering. Disse er dioksiner og tungmetallene arsen (As), krom (Cr), kobber (Cu), nikkel (Ni) og sink (Zn).

PAH omfatter en rekke kjemiske forbindelser som har ulik skadevirkning per vektenhet. "PAH" er derfor ikke helt veldefinert og kan omfatte ulike forbindelser. Krav til norsk aluminiumsindustri er at PAH måles for 16 komponenter i henhold til norsk standard (NS9815). Det finnes også en standard for måling av utslipp fra vedfyring (NS3058-3). Denne inkluderer 15 komponenter og er noe ulik aluminiumsstandard. Vedutslippsstandarden ligner mer på U.S. EPAs PAH-16-standard. I andre sammenhenger, bl.a. arbeidet i OSPAR (Oslo-Paris-konvensjonen), benyttes ofte 6 PAH-komponenter i rapporteringer, også kalt Borneff-6, mens LRTAP-POP-protokollen kun inneholder fire av disse. Disse 4 eller 6 PAHene er omfattet av de tre andre standardene (de to norske og U.S.EPA). I dette arbeidet vil vi benytte tre ulike PAH-definisjoner, disse blir behandlet som tre ulike komponenter. LRTAPs definisjon brukes til PAH-4 og Borneff-6 benevnes PAH-6. Vi har også ønsket å inkludere en PAH-definisjon som er tilnærmet totalt PAH. Til dette vil vi holde oss til PAHene som omfattes av NS9815 og eventuelt NS3058-3 der disse komponentene er mer dekkende for de dataene vi har tilgjengelig.

Det er knyttet stor usikkerhet til utslipp av miljøgifter. Dette skyldes dels at det er gjennomført relativt få målinger fra diffuse kilder (kilder utenom industrien), men også at miljøgiftinnholdet i produkter er variabelt. Videre er det for utslipp fra industrien ofte kun rapportert data for de senere årene, og utslippsnivået i 1990 er ukjent. Det kan også forekomme utslipp fra ukjente kilder. Dataene som presenteres i denne rapporten må derfor sees på som foreløpige og vil bli forbedret ettersom kunnskapsnivået øker.

## 2. Metode

Oversikter over nasjonale og kommunale utslipp til luft produseres i et samarbeid mellom SFT og SSB. SFT har ansvar for å levere data på utslipp fra store industri-bedrifter og for å forbedre datagrunnlaget (for eksempel utslippsfaktorer). SSB har ansvar for aktivitetsdata, utvikling av utslippsmodellen og selve beregningene.

Miljøgiftene som er egnet vil gjennom dette arbeidet bli beregnet i SSBs utslippsmodell på linje med andre komponenter slik som klimagasser og forsurende gasser. Utslippsmodellen er dokumentert i Flugsrud m.fl. (2000) for utslipp av disse komponentene. Utslipp knyttet til energibruk og prosessutslipp beregnes separat. Utslipp knyttet til kull og koks brukt som reduksjonsmidler defineres som prosessutslipp.

Utslipp fra energibruk beregnes ut fra følgende ligning:

$$2.1. E_{ijklm} = \left[ C_{jklm} - CPS_{jklm} \right] * EF_{ijklm} + EPS_{ijklm}$$

Hvor

$E_{ijklm}$  = Utslipp av komponent  $i$  fra forbrenning av energivare  $j$  i kilde  $k$  i sektor  $l$  i kommune  $m$ .

$C_{jklm}$  = Forbruk av energivare  $j$  i kilde  $k$  i sektor  $l$  i kommune  $m$ .

$CPS_{jklm}$  = Forbruk av energivare  $j$  i kilde  $k$  i punktkilder i sektor  $l$  i kommune  $m$ .

$EF_{ijklm}$  = Utslippsfaktor for komponent  $i$  fra forbrenning av energivare  $j$  i kilde  $k$  i sektor  $l$  i kommune  $m$ .

$EPS_{ijklm}$  = Utslipp av komponent  $i$  fra forbrenning av energivare  $j$  i kilde  $k$  i punktkilder i sektor  $l$  i kommune  $m$ .

Utslipp fra veitrafikk beregnes i en egen satellittmodell som også inkluderer PAH.

Prosessutslippene beregnes i et fritt format som er avhengig av type utslipp. For utslipp fra industrien benyttes om mulig data som er rapportert fra bedriftene til SFT og lagt inn i databasen *Inkosys*. Disse er imidlertid komplettert med beregninger. Metodene er beskrevet under hver utslippskilde. Prosessutslippene blir tildelt en utslippsbærer (analog til energivare) og utslippskilde (analog til teknologi for forbrenningskilder) og prosesseres videre i utslippsmodellen.

Utslippsfaktorer for forbrenningsutslipp og prosessutslipp der det ikke foreligger data rapportert direkte fra bedriftene er bestemt ut fra litteraturdata som beskrevet under hver enkelt utslippskilde. Aktivitetsdata er ofte hentet fra Statistisk sentralbyrå, men av og til er det brukt statistikk fra andre institusjoner eller anslag.

Utslippene kan presenteres etter utslippskilde, utslippsbærer og næring (økonomisk sektor). Inkludering av miljøgifter i utslippsmodellen innebærer at ytterligere utslippskilder og utslippsbærere må defineres sammenlignet med Flugsrud m.fl. (2000). Foreløpig er det ikke lagt opp til at utslipp til luft av miljøgifter beregnes på fylkes- eller kommunenivå.

## 3. Utslipp av PAH

PAH er fellesbetegnelsen på en gruppe stoffer som består av to eller flere ringformede karbonforbindelser hvorav minst en har benzenoidstruktur. PAH dannes ved all ufullstendig forbrenning av organisk materiale, i fyringsanlegg, bileksos, og også ved skogbranner. Blanding av PAH fra slike reaksjoner er svært kompleks. PAH-utslipp er sterkt knyttet til partikkelmateriale i utslipp av røyk, støv og sot. PAH-komponenter med lavt kokepunkt slippes imidlertid ut i gassform. Produksjon og bruk av kreosotimpregnert trevirke medfører fordampning av PAH.

### 3.1. Skadevirkninger

Utslipp av PAH til luft er først og fremst knyttet til lokale forhold som gir lokale effekter. Noen komponenter knytter seg imidlertid sterkt til partikler og vil gi effekter regionalt og globalt. Virkningene av PAH-eksponering er hovedsakelig knyttet til individnivå. PAH (Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner) er fettløselige stoffer som kan absorberes i lungene. Noen PAH-komponenter er giftige, arvestoffskadelige og kreftfremkallende (SFT 2000b). Hvor skadelige de enkelte komponentene er varierer imidlertid mye. Dibenzo(ah)antracen og benzo(a)pyren er de mest karsinogene PAHer som rutinemessig måles i omgivelsesluften (NILU/NIVA 1995).

Inhalerbart PAH med størst helsemessig betydning er hovedsakelig absorbert til forbrenningspartikler. Den toksikologiske betydningen av ikke-partikulært PAH er usikker. Nåværende kunnskap tyder på at den relative kreftrisikoen av inhalert PAH er større enn risikoen ved tilførsel via mage/tarm (NILU/NIVA 1995). PAH-forbindelser kan også reagere med halogener og nitrogen- og svovelholdige gasser og danne produkter som er mer helseskadelige enn det de er i utgangspunktet (SFT 2000b).

### 3.2. Definisjoner

I LRTAP-konvensjonens POP<sup>1</sup>-protokoll spesifiseres 4 PAHer som skal inngå som en indikator for PAH-utslipp i utslippsregnskapene. I andre sammenhenger,

bl.a. innen arbeidet i OSPAR blir ytterligere 2 komponenter inkludert (Borneff-6). tabell 3.1 viser PAH-komponentene som inngår i LRTAP (PAH-4) og i bl.a. OSPARs arbeid (PAH-6), i tillegg til de PAHer som omfattes av Norsk standard (NS9815 og NS3058-3) og U.S.EPAs standard.

Når man finner data på PAH i litteraturen, er det ofte uklart hvilke komponenter som er inkludert. Ifølge Norsk standard (NS9815) skal en standard PAH-måling for aluminiumsindustrien i Norge inneholde komponentene listet i tabell 3.1. Denne lista avviker noe fra lista over PAHer i NS3058-3 som gjelder måling av utslipp fra vedfyring. Denne standarden er ganske lik U.S. EPAs PAH-16. Både PAH-6 (Borneff-6) og PAH-4 (LRTAP) er inkludert i alle disse tre standardene. Dette innebærer at begrepet "PAH-total" brukt i denne rapporten heller ikke er helt konsistent mellom utslippskilder. PAH-total er først og fremst beregnet for å øke sammenlignbarheten med primærdatakildene. Det er isteden lagt vekt på konsistens i dataene for PAH-6 (Borneff-6) og PAH-4 (LRTAP) som er knyttet til internasjonale forpliktelser. Imidlertid kan PAH-total betraktes som en tilnærming til NS9815 slik faktorene er utledet i dette arbeidet.

Prosessutslipp og forbrenningsutslipp fra industrien vil sammen med utslipp fra vedfyring i husholdninger være de største nasjonale utslippskildene. Lokalt, i byer, vil det være utslipp fra vedfyring og veitrafikk som er de viktigste kildene (Haakonsen m.fl. 1998).

### 3.3. Datagrunnlag

Litteraturgjennomgangen er blant annet basert på Haakonsen m.fl. (1998), EEA (2000) og U.S. EPA (1998b).

Data på utslipp fra store industribedrifter er levert av SFT og er basert på bedriftenes egenrapportering av utslipp. Dataene er basert på uttak fra Inkosys per september 2000, men det er tatt hensyn til rettelser til og med desember 2000. Bedriftenes egenrapportering av miljøgifter er vesentlig forbedret de senere årene. Ofte finnes ikke data for årene før 1998. Der det foreligger tidsserier for PAH er det ofte endringer i det

<sup>1</sup> POP = Persistent Organic Pollutants, dvs. persistente organiske forbindelser.

Tabell 3.1. PAH omfattet av to ulike norske standarder (NS), U.S.EPA, LRTAP (PAH-4) og Borneff-6 (PAH-6)

Navn	NS9815 (Aluminium)	NS3058-3 (ved)	U.S.EPA PAH-16	LRTAP	Borneff-6
Benzo(a)pyren	x	x	x	x	x
Benzo(b)fluoranten	x	x	x	x	x
Benzo(k)fluoranten	x	x	x	x	x
Indeno(1,2,3-cd)pyren	x	x	x	x	x
Fluoranten	x	x	x		x
Benzo(ghi)perylen	x	x	x		x
Fenantren	x	x	x		
Antracen	x	x	x		
Pyren	x	x	x		
Benzo(a)fluoren	x				
Benzo(b)fluoren	x				
Benzo(a)antracen	x	x	x		
Krysen/trifenylen	x	x <sup>1</sup>	x		
Benzo(e)pyren	x	x			
Dibenzo(ah)antracen	x	x	x		
Dibenzo(ae)pyren	x				
Dibenzo(ah)pyren	x				
Dibenzo(ai)pyren	x				
Acenaften		x	x		
Acenaftylen			x		
Fluoren		x	x		
Naftalen			x		

<sup>1</sup> NS3058-3 omfatter bare krysen. NS9815 omfatter også krysen/trifenylen.

rapporterte utslippsnivået som hovedsakelig skyldes endringer i antall komponenter målt, dvs. at rapporterte tall for tidligere år ikke er sammenlignbare med senere år. Dersom bedriften har vært i drift i hele perioden er utslipp for tidligere år for eksempel beregnet ut fra endringer i produksjon eller holdt konstant. Rettinger av inkonsistens i rapportering og beregning av tidsserier er beskrevet under hver enkelt utslippsskilde.

Ifølge Bjørnstad (1994) er flere småkilder av PAH-utslipp til luft ikke kartlagt. En del av disse kildene kan være dekket av utslippsfaktorer funnet i internasjonal litteratur, men det kan ikke utelukkes at det kan være ytterligere kilder hvor utslippene først kan beregnes når mer informasjon foreligger.

En del av utslippsfaktorene som presenteres her regnes som svært usikre og er hentet fra enkeltstående målinger. Både utslippsprofilen og utslippsnivået fra forbrenning er svært avhengig av forholdene under forbrenningen, og litteraturverdier er ikke alltid representative for norske forhold. Vi ser at tilsynelatende sammenlignbare faktorer fra ulike datakilder ofte kan variere med en faktor på 10, dette er en indikasjon på usikkerheten i beregnede PAH-utslipp.

I de tilfeller der det oppgis utslippsprofiler (utslipp av enkelte PAH-komponenter) sammen med utslippsfaktorer er det likevel uklart hvilke komponenter som faktisk er målt. Vi har antatt at PAH-komponenter som ikke er oppført i utslippsprofilene ikke er blitt målt, med mindre noe annet er angitt spesielt.

### 3.3.1. Utslipp fra stasjonær forbrenning

Den viktigste kilden til utslipp av PAH fra stasjonær forbrenning er fyring med ved i husholdningene. Forbrenning av olje, kull og koks gir imidlertid også PAH-utslipp av betydning.

#### 3.3.1.1. Olje- og gassutvinning

PAH-utslippene knyttet til forbrenning av naturgass antas å være små. Naturgass forbrennes hovedsakelig i gassturbiner offshore. U.S. EPA (1995)<sup>2</sup> oppgir utslippsfaktorer for total PAH på 0,044 g/tonn. Utslippsfaktoren for naftalen, som også inngår i EPAs definisjon av total PAH, er 0,026 g/tonn. EPAs faktor for total PAH uten naftalen blir da ca. 0,018 g/tonn. Vi velger her å benytte denne faktoren både for forbrenning av gass i turbiner og ved fakling.

U.S. EPA (1995) oppgir ikke utslippsprofil. Vi antar her en tilsvarende profil som for utslipp fra forbrenning av parafin i godt innstilte brennere i husholdningene (se tabell 3.14). Faktorene for PAH-4 og PAH-6 blir da henholdsvis 0,000 g/tonn og 0,001 g/tonn.

I 1999 var samlet utslipp av total PAH (U.S.EPA unntatt naftalen) fra forbrenning av naturgass (turbin og fakkel) ca. 60 kg.

Næringen forbrenner også noe diesel. For dette brukes samme utslippsfaktor og profil som for skip (se avsnitt 3.3.2.3). Utslippsfaktoren for total PAH blir da 1,6 g/tonn diesel. Dette gir et PAH-utslipp på ca. 250 kg.

<sup>2</sup> Section 3.1 Supplement F date 4-2000.

### 3.3.1.2. Kullkraftverk

På Svalbard forbrennes kull til produksjon av elektrisitet og fjernvarme. Anlegget består av to ristfyrte kjeler, hver på ca. 30 MWh, og utslippene renses ved multisykloner.

EEA (2000) oppgir en generell utslippsprofil for PAH-4 relativt til utslipp av benzo(a)pyren og veiledende utslippsfaktorer for benzo(a)pyren for fyring med kull i industrien. Utslippsfaktorene er spesifisert for store fabrikkanlegg med effektiv rensing og for mindre anlegg uten rensing. Hvis det ikke er informasjon om type anlegg, anbefales det å bruke en mellomliggende faktor.

U.S. EPA (1998b) oppgir utslippsdata fra målinger på en rekke fyrkjeler. Tabell 3.2 viser utslippsdata for en stokerkjele fyrt med bituminøst kull. Dataene er basert på målinger av 11 fyrkjeler i industrien med multisyklon, elektrostatisk filter eller uten rensing. Også vist i tabellen er utslippsfaktorene fra EEA (2000) for fyring med kull i små anlegg uten rensing og større anlegg med et effektivt rensesystem.

Vi antar at en riktig PAH-faktor for det norske kraftverket vil ligge et sted mellom EEA-faktorene for små og store anlegg, siden det her er snakk om små til middels store fyrkjeler med en viss rensing av utslippene. Vi velger derfor å benytte utslippsfaktorene som framkommer fra U.S. EPA (1998b).

I 1999 var forbruket av kull på 25 ktonn, noe som gir et samlet PAH-utslipp på ca. 8 kg (NS9815).

### 3.3.1.3. Industri

Forbrenningsutslipp fra industrien blir stort sett ikke rapportert til SFT fordi individuelle utslipp er små. For de aller fleste bedrifter må utslippene derfor beregnes ved hjelp av generelle utslippsfaktorer.

#### Kull og koks

I Norge forbrennes det steinkull, en form for bituminøst kull med høy brennverdi. Omtrent 97 prosent av kullet som forbrennes i industrien blir benyttet i direktefyrte ovner, mens resten forbrennes i fyrkjeler<sup>3</sup>. I tillegg forbrennes noe kullkoks i fyrkjeler og noe petrokkoks brukes til direktefyring.

EEA (2000) oppgir generelle utslippsfaktorer for store fabrikkanlegg med effektivt rensing og for mindre anlegg uten rensing. Hvis det ikke er informasjon om type anlegg, anbefales det å bruke en mellomliggende faktor. U.S. EPA (1998b) oppgir utslippsdata for målinger på en rekke fyrkjeler, i tillegg til utslipp fra direktefyrte ovner innen ulike produksjonsprosesser.

**Tabell 3.2. Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av kull i fyrkjeler. g/tonn**

Navn	U.S. EPA - stoker <sup>1</sup>	EEA - mindre anlegg uten rensing	EEA - større anlegg med rensing
Benzo(a)pyren	0,023	1,55	0,00014
Benzo(b)fluoranten	..	0,0775	0,000007
Benzo(k)fluoranten	..	0,0155	0,000004
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,00062	1,24	0,000112
Fluoranten	0,13	..	..
Benzo(ghi)perylene	0,011	..	..
Fenantren	0,15	..	..
Antracen	0,024	..	..
Pyren	..	..	..
Benzo(a)fluoren	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..
Benz(a)antracen	0,00042	..	..
Krysen/trifenylene	0,0011	..	..
Benzo(e)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..
Acenaften	0,097	..	..
Acenaftylen	0,018	..	..
Fluoren	0,02	..	..
Naftalen	0,97	..	..
Norsk standard 9815	0,34	..	..
Borneff (PAH-6)	0,16	..	..
LRTAP (PAH-4)	0,024	2,9	0,00026

<sup>1</sup> 11 kjeler med multisyklon, ESP eller ingen rensing av utslipp.

#### Fyrkjeler

Siden det bare forbrennes små mengder kull i industrielle fyrkjeler, velger vi å benytte samme utslippsfaktorer som for fyring i energisektoren (avsnitt 3.3.1.2). De samme faktorene benyttes også for fyring med kullkoks.

I 1999 ble det brukt 14 ktonn kullkoks i fyrkjeler i industrien (ikke noe kull ble rapportert, men forbruk forekommer andre år), noe som gir et PAH-utslipp på 5 kg (NS9815).

#### Direktefyrte kjeler

I tidligere rapporter (Rypdal og Mykkelbost upublisert; Haakonsen m.fl. 1998) har det ikke framkommet utslippsfaktorer for forbrenning av kull i direktefyrte kjeler. I Norge blir over 90 prosent av kull og petrokkoks til direktefyrte kjeler brukt innen produksjon av sement. U.S. EPA (1998b) oppgir utslippsdata for ulike typer direktefyrte ovner innen bl.a. sementproduksjon, og vi vil her se nærmere på disse.

Ved produksjon av sement i Norge brukes en såkalt tørrprosess med forvarming/forkalsinering. I 1998 ble 80 prosent av energiforbruket dekket av kull, mens det resterende ble dekket av petrokkoks, spillolje og maling/lakk. Tabell 3.3 viser utslipp av PAH i forhold til kull- og koksforbruk ved forbrenning av kull, koks og spesialavfall i en tørrprosess uten prekalsinering. Også vist er utslippsfaktorer ved fyring med kull i en

<sup>3</sup> Beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 3.3. Utslippsfaktorer for PAH ved forbrenning av kull ved sementproduksjon. g/tonn**

Navn	Fyring med kull, koks og spesialavfall - tørrprosess <sup>1</sup>	Fyring med kull - tørrprosess med forkalsinering <sup>1</sup>	Generell faktor for større anlegg i industrien <sup>2</sup>
Benzo(a)pyren	..	0,001	0,00014
Benzo(b)fluoranten	..	0,003	0,000007
Benzo(k)fluoranten	..	0,001	0,0000014
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	0,001	0,000112
Fluoranten	0,020	0,054	..
Benzo(ghi)perylene	..	0,0005	..
Fenantren	0,138	..	..
Antracen	..	..	..
Pyren	0,012	..	..
Benzo(a)fluoren	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..
Benzo(a)antracen	..	0,0003	..
Krysen/trifenylen	..	0,001	..
Benzo(e)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	0,004	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..
Acenaften	0,073	0,722	..
Acenaftylen	..	..	..
Fluoren	0,011	0,115	..
Naftalen	1,566	10,401	..
Norsk standard 9815	0,170	0,065	..
Borneff (PAH-6)	0,020	0,060	..
LRTAP (PAH-4)	0,000	0,006	0,00026

<sup>1</sup> Kilde: U.S. EPA (1998b).<sup>2</sup> Kilde: EEA (2000).

tørrprosess med prekalsinering. Utslippsfaktorene er beregnet ut fra profiler fra U.S. EPA (1998b), der utslippet fra tørrprosess uten prekalsinering er gitt i forhold til klinkerproduksjon og utslippet for prosessen med prekalsinering er gitt i forhold til mengde råmateriale.

For å komme fram til tabellen under har vi antatt:

- at det går med omtrent 1,5 kg råmel per kg klinker (pers. meddelelse fra Tor Gautestad, Norcem)
- at kull og petrolkoks har samme utslippsfaktor og at den er dobbelt så høy som for spesialavfall (maling/lakk og spillolje)

Profilen i første kolonne passer best i forhold til hvilke energivarer som benyttes, mens den i andre kolonne passer best i forhold til prosess innen norsk sementproduksjon. Siden utslippsfaktorene skal gjelde for direktefyring generelt, velger vi å benytte utslippsfaktoren gitt av fyring uten prekalsinering. Det må imidlertid presiseres at omregningene gjør faktorene usikre.

Utslippsfaktoren for PAH-4 fra fyring med kull i direktefyrte ovner blir ifølge disse dataene da lik null. EEA (2000) har en veiledende utslippsfaktor for fyring med kull i større anlegg (se avsnitt 3.3.1.2), men denne inkluderer også fyring i kjeler.

**Tabell 3.4. Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av tungolje og fyringsolje i fyrkjele. g/tonn**

Navn	Industriell fyrkjele - tungolje <sup>1</sup>	Fyrkjele - fyringsolje <sup>2</sup>
Benzo(a)pyren	..	0,0001
Benzo(b)fluoranten	0,00035	..
Benzo(k)fluoranten	..	..
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	..
Fluoranten	0,0033	0,0004
Benzo(ghi)perylene	..	..
Fenantren	0,0089	..
Antracen	..	..
Pyren	0,00045	0,0003
Benzo(a)fluoren	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracen	..	..
Krysen/trifenylen	0,0024	..
Benzo(e)pyren	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	..	..
Acenaftylen	0,013	..
Fluoren	0,006	..
Naftalen	3,7	0,9
Norsk standard 9815	0,015	0,00080
Borneff (PAH-6)	0,004	0,0005
LRTAP (PAH-4)	0,0004	0,0001

<sup>1</sup> No. 6 Oil, uten rensesystemer.<sup>2</sup> No. 2 Oil, uten rensesystemer.

Kilde: U.S. EPA, 1998b.

Haakonsen m.fl. (1998) kom fram til en utslippsfaktor for PAH-6 på 0,4 g/tonn for fyring med kull i industrien. Den midlere verdien av de valgte utslippsfaktorene for PAH-6, vektet med forbruket til direktefyring og fyrkjele, er på 0,04 g/tonn. Det vil si at utslippsfaktorene som velges her er vesentlig lavere enn de som er benyttet tidligere. Siden nesten alt kull forbrennes ved direktefyring, som trolig gir svært lave utslipp (se tabell 3.3), virker det ikke urimelig at den midlere utslippsfaktoren blir lavere enn tidligere antatt.

Koks og petrolkoks benyttes også til en viss grad til direktefyring. Vi velger å benytte de samme utslippsfaktorene som for kull.

Det samlede forbruket av kull til direktefyring var i 1999 på 182 ktonn. I tillegg ble det brukt 12 ktonn petrolkoks. Med en utslippsfaktor for total PAH på 0,2 g/tonn blir det samlede utslippet ca. 40 kg.

#### Olje

I industrien benyttes fyringsolje kun i fyrkjele, mens tungolje brukes både i fyrkjeler og i direktefyrte ovner. Tabell 3.4 viser utslippsfaktorer fra fyrkjeler med fyringsolje og tungolje hentet fra U.S. EPA (1998b).

Rypdal og Mykkelbost (upublisert) kom fram til en generell utslippsfaktor på 0,02 g/tonn for både fyringsolje og tungolje. For tungolje stemmer dette godt med verdien på total PAH i tabellen over. For fyringsolje er imidlertid



verdien basert på U.S. EPA (1998b) bare 0,0008, dvs. vesentlig lavere. I SFT (2000a) blir det referert til en utslippsfaktor for PAH-6 på 0,163 g/tonn for fyring med olje i industrien, men her er verdien den samme som for husholdninger og vi antar at dette er for høyt.

Vi velger her å benytte utslippsfaktorene som framkommer i tabell 3.4 som generelle faktorer for fyring med fyringsolje og tungolje i fyrkjeler i industrien.

Av tungoljen som brukes til direktefyrte kjeler benyttes ca. 60 prosent i produksjon av papirmasse. Vi har imidlertid ikke funnet utslippsdata på direktefyring med olje, verken for produksjon av papirmasse eller annen industri. Vi velger derfor å benytte de samme utslippsfaktorene som for fyring med tungolje i fyrkjeler. En del bedrifter som bruker tungolje (særlig tungolje med høyt innhold av svovel) vil rense utslippene. De valgte utslippsfaktorene er derfor sannsynligvis for høye.

Noe spillolje benyttes også i direktefyrte ovner, hovedsakelig innen sementproduksjon. Basert på utslippsdata fra U.S. EPA (1998b) for ovn med fyring med kull, koks og spesialavfall og omregning beskrevet i avsnittet om kull og koks, får vi en utslippsfaktor for total PAH på ca. 0,09 g/tonn spesialavfall. Denne verdien er over 4 ganger høyere enn den generelle utslippsfaktoren for tungolje. På grunn av den store usikkerheten knyttet til

omregningen fra utslipp per mengde sement til utslipp per mengde energivare, velger vi her å benytte de samme utslippsfaktorene som for fyring med tungolje i industrien.

I 1999 brukte industrien (inkludert noe forbruk fra energisektorene) omtrent 285 ktonn tungolje, 43 ktonn tungdestillat, 243 ktonn fyringsolje, 59 ktonn spesialavfall (regnes som spillolje) og 1 ktonn fyringsparafin. Dette gir et samlet utslipp av total PAH på 5 kg (NS9815).

#### Treavfall

Treavfall forbrennes bl.a. ved sagbruk, i treforedlingsindustrien og i møbelindustrien. U.S. EPA (1998b) oppgir en generell utslippsprofil for forbrenning av treavfall i kjele med og uten utslippskontrollerende tiltak. I tillegg presenteres spesifikke profiler for ulike typer ovner og utslippsreducerende installasjoner. I Norge er de fleste anleggene ristfyrte, med unntak av to større anlegg i treforedlingsindustrien med sirkulerende "fluidised bed" (PIL 2000). Vi antar at større forbrenningsanlegg har elektrostatiske filter i tillegg til syklon/multisyklon for reduksjon av partikkelutslipp. Tabell 3.5 gir aktuelle utslippsprofiler fra U.S. EPA, i tillegg til faktorer basert på profilene til EEA (2000) og generelle utslippsfaktorer for benzo(a)pyren for ulike typer anlegg.

**Tabell 3.5. Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av treavfall. g/tonn**

Navn	U.S. EPA - generell <sup>1</sup>	U.S. EPA - stoker <sup>2</sup>	U.S. EPA - fluidised bed <sup>3</sup>	EEA - mindre anlegg	EEA - større anlegg	EEA - beste estimat
Benzo(a)pyren	0,000095	..	..	1,3	0,002	0,65
Benzo(b)fluoranten	0,015 <sup>4</sup>	..	..	1,56	0,0024	0,78
Benzo(k)fluoranten	<sup>5</sup>	..	..	0,52	0,0008	0,26
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,00017	..	..	0,13	0,0002	0,065
Fluoranten	0,045	0,035	0,0016	..	..	..
Benzo(ghi)perylene	0,0006	0,0028	..	..	..	..
Fenantren	0,028	0,043	0,0035	..	..	..
Antracen	0,019	0,0019	..	..	..	..
Pyren	0,0085	0,046	0,0004	..	..	..
Benzo(a)fluoren	..	..	..	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..	..	..	..
Benzo(a)antracen	0,0009	..	0,0055	..	..	..
Krysen/trifenylen	0,043	..	0,0001	..	..	..
Benzo(e)pyren	..	..	..	..	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..	..	..	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..	..	..	..
Acenaften	0,0017	0,0035	..	..	..	..
Acenaftylen	0,022	0,036	0,0005	..	..	..
Fluoren	0,0048	0,00094	0,0002	..	..	..
Naftalen	1,1	..	4,7712	..	..	..
Norsk standard 9815	0,16	0,130	0,0111	..	..	..
Norsk standard 3058	0,17	0,134	0,0113	..	..	..
Borneff (PAH-6)	0,061	0,038	0,0016	..	..	..
LRTAP (PAH-4)	0,016	..	..	3,51	0,0054	1,76

<sup>1</sup> Uten rensing.

<sup>2</sup> Med multisyklon og elektrostatiske filter.

<sup>3</sup> Med multisyklon og elektrostatiske filter.

<sup>4</sup> Benzo(b+k)fluoranten.

<sup>5</sup> Inkludert i benzo(b)fluoranten.

**Tabell 3.6. Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av avlut. g/tonn**

Navn	U.S. EPA - NDCE <sup>1</sup>	U.S. EPA - DCE <sup>2</sup>	U.S. EPA - IDCE <sup>3</sup>
Benzo(a)pyren	< 0,00087	0,0019	< 0,0012
Benzo(b)fluoranten	< 0,0021	0,0097	< 0,0012
Benzo(k)fluoranten	-	0,0027	< 0,0012
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,0020	0,0014	< 0,0012
Fluoranten	-	0,23	0,0063
Benzo(ghi)perylene	0,0024	-	< 0,0012
Fenantren	-	1,87	-
Antracen	-	-	< 0,0012
Pyren	0,033	0,11	0,0037
Benzo(a)fluoren	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..
Benzo(a)antracen	< 0,004	0,032	< 0,0012
Krysen/trifenylene	0,018	0,013	< 0,0012
Benzo(e)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)antracen	< 0,002	0,0023	< 0,0012
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..
Acenaften	< 0,0017	0,0053	< 0,0012
Acenaftylene	-	0,87	0,0043
Fluoren	-	0,07	< 0,0012
Naftalen	-	10,67	0,29
Norsk standard 9815	0,065	2,27	0,021
Norsk standard 3058	0,067	2,34	0,023
Borneff (PAH-6)	0,007	0,25	0,012
LRTAP (PAH-4)	0,005	0,016	0,005

<sup>1</sup> Nondirect-Contact Evaporation Kraft Recovery Furnace with Dry-Bottom ESP.

<sup>2</sup> Direct-Contact Evaporation Kraft Recovery Furnace with Wet-Bottom ESP/Scrubber.

<sup>3</sup> Indirect-Contact Evaporation Kraft Recovery Furnace with Dry-Bottom ESP/Scrubber.

I NILU/NIVA (1995) benyttes en utslippsfaktor på 1 g PAH per tonn ved for anlegg i industrien. Rypdal og Mykkelbost (upublisert) kommer fram til en faktor på 23 g/tonn for forbrenning av ved, avlut og treavfall i industrien. Fordelingen av ulike PAH-komponenter fra forbrenning av biobrensel i fjernvarmeanlegg i Sverige (tabell 3.16), gir at 1 prosent av PAH-utslippet inkludert i NS3058 er fra komponentene i PAH-4. Hvis en benytter denne informasjonen til å beregne faktoren for PAH-4, så blir den basert på resultatet i NILU/NIVA (1995) 0,01 g/tonn, og basert på resultatet i Rypdal og Mykkelbost 0,23 g/tonn.

Resultatene i tabell 3.5 og i beregningene over viser at ulike datakilder gir stor spredning i utslippsfaktorer. Vi velger her å benytte faktorer basert på U.S. EPAs målinger av utslipp uten rensing. Faktoren for PAH-4 er her omtrent tre ganger så høy som EEAs for større anlegg med rensing, men langt lavere enn faktoren for mindre anlegg. Vi antar at det meste av treavfallet brennes ved større anlegg med utslippskontroll.

Det ble i 1999 forbrent 1578 ktonn treavfall og med en utslippsfaktor for total PAH på 0,16 g/tonn gir dette et utslipp på ca. 250 kg. NS9815 og NS3058 gir i dette tilfellet omtrent samme utslipp.

### Avlut

Avlut forbrennes i treforedlingsindustrien. U.S. EPA (1998b) oppgir utslippsprofiler for forbrenning av svartlut ved produksjon av kjemisk tremasse ved 4 ulike anlegg. Dannelsen av PAH avhenger av forbrenningsforholdene i ovnen. I tillegg til design og operasjon av ovnen, spiller også konsentrasjonen av svartluten inn på forbrenningen. Høyere konsentrert avlut gir bedre forbrenning.

Tabell 3.6 viser utslipp av PAH fra tre forskjellige forbrenningsovner med ulike typer rensesystemer (U.S. EPA 1998b). Utslippene er regnet om fra kg/tonn på produsert masse til g/tonn avlut. U.S. EPA (1998b) oppgir veiledende omregningsfaktor på 3000 lb avlut per tonn masse, dvs. 1,5 kg avlut/kg masse.

Faktorene som framkommer i 2. kolonne er vesentlig høyere enn for de andre målingene, hovedsakelig pga. høye verdier for fenantren og fluoranten. Målinger på en tilsvarende kjele uten 'scrubber' detekterte ikke andre komponenter enn naftalen (U.S. EPA 1998b). Vi antar derfor at forskjellene i større grad er utslag av forbrenningsforhold enn av type kjele.

For å forenkle beregningene velger vi å benytte de samme utslippsfaktorene som for forbrenning av treavfall i forrige avsnitt. For PAH-total og PAH-4 blir utslippsfaktoren da noe høyere enn de to laveste verdiene gitt i tabell 3.6, men lavere enn den høyeste faktoren. For PAH-4 blir faktoren noe høyere enn alle faktorene i tabell 3.6.

Det ble brukt omtrent 590 ktonn avlut i 1999. Med en utslippsfaktor for PAH-total på 0,16 gir dette et utslipp på 94 kg (NS9815/3058). Det er imidlertid verdt å merke seg at utslippet basert på faktorene i tabell 3.6 vil ligge i området 12 kg til 1,3 tonn. Det kan derfor være ønskelig å undersøke nærmere hva som er representative PAH-nivåer for forbrenning av avlut i norsk celluloseproduksjon.

#### 3.3.1.4. Landbruk, bygg og anlegg og tjenesteytende næringer

Utslippene beregnes ved hjelp av generelle utslippsfaktorer. Selv om utslipp fra disse sektorene beregnes separat i modellen er det ikke grunnlag for å operere med egne utslippsfaktorer. Tabell 3.7 viser utslippsfaktorene for PAH-total for tjenesteytende næringer og landbrukssektoren hentet fra Rypdal og Mykkelbost (upublisert).

Faktorene vi har kommet fram til for utslipp av PAH-total ved forbrenning av kull i industrien er noe høyere. Vi antar at det ikke er bedre forbrenning eller rensing av utslipp innen tjenesteytende næringer og landbruk og velger derfor å benytte de samme faktorene her. For forbrenning av treavfall benyttes også samme faktor som i industrien.

**Tabell 3.7. Tidligere utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning innen tjenesteyting og landbruk. g/tonn**

	«Total» PAH
Kull/koks	0,3
Koks	..
Ved	23,0
LPG	0,0
Fyringsparafin	0,02
Fyringsolje	0,02
Tungdestillat	0,02
Tungolje	0,02

Kilde: Rypdal og Mykkelbost (upublisert).

**Tabell 3.8. Valgte utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning innen tjenesteyting, bygg og anlegg og landbruk. g/tonn**

	PAH-total	PAH-6	PAH-4
Kull	0,46	0,16	0,024
Treavfall	0,16	0,06	0,016
LPG	0	0	0
Annen gass	0	0	0
Fyringsparafin	0,007	0,00075	0,0001
Fyringsolje	0,007	0,00075	0,0001
Tungdestillat	0,015	0,004	0,0004
Tungolje	0,015	0,004	0,0004

For fyring med tungdestillat og tungolje benytter vi samme utslippsfaktorer som for fyring i kjele i industrien. For fyringsparafin benyttes middelverdien av faktorene for fyring med parafin i godt innstilt brenner i husholdningene (tabell 3.14) og fyring med fyringsolje i industrien. Den samme faktoren benyttes for fyringsolje.

Tjenesteytende næringer har noe forbrenning av gass fra avfallsfyllinger, men dette antas å gi ubetydelige utslipp.

Tabell 3.8 oppsummerer utslippsfaktorene for PAH-total ved forbrenning innen tjenesteytende næringer og landbruk. I 1999 var forbruket av fyringsparafin 3,2 ktonn, fyringsolje 314 ktonn, tungdestillat 28 ktonn og tungolje 2 ktonn for disse to næringene. Dette gir samlet et utslipp på 3 kg PAH-total med utslippsfaktorene gitt i tabell 3.8.

### 3.3.1.5. Husholdningene

Ved er den viktigste energivaren når man skal beregne PAH-utslipp fra husholdningene.

#### Kull og koks

Kull og koks har relativt høye utslippsfaktorer for PAH. Disse energivarene brukes det imidlertid lite av i norske husholdninger i dag, slik at totalutslippene knyttet til dem blir små. Utslippsprofilene i tabell 3.9 er hentet fra Parma m.fl. (1995), U.S. EPA (1998b) og EEA (2000). Som det går fram av de to tabellene er det noen ulikheter for utslippsfaktorer og profiler fra disse referansene. PAH-4-faktoren for kull varierer fra 2,6 til 17,7 g/tonn. Som nevnt tidligere i rapporten er det usikkert hvilke PAH-forbindelser som er målt i disse

**Tabell 3.9. Utslippsfaktorer for forbrenning av kull og koks i husholdninger. g/tonn**

	Parma mfl. (1995)	U.S. EPA (1998b)	U.S. EPA (1998b)	EEA (2000)/ U.S. EPA (1998b)	Parma mfl. (1995)
Navn	Kull	Kull <sup>1</sup>	Kull <sup>2</sup>	Kull	Koks
Benzo(a)pyren	4,3	3,0	2,6	2,6	0,1
Benzo(b)fluoranten/	13,4	4,0	..	0,1	0,3 <sup>3</sup>
Benzo(k)fluoranten	..	..	..	0,0	..
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	2,0	..	2,1	..
Fluoranten	25,8	5,0	15,4 <sup>4</sup>	..	13
Benzo(ghi)perylene	..	..	..	..	..
Fenantren	51	..	11,0	..	4,9
Antracen	17,7	16,0	3,1	..	2,6
Pyren	29,3	5,0	..	..	6,4
Benzo(a)fluoren	..	..	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..	..	..
Benzo(a)antracen	9,4	..	3,0	..	0,2
Krysen/trifenylene	10,3	4,0	2,8	..	0,2
Benzo(e)pyren	..	..	2,0	..	..
Dibenzo(ah)antracen	24,4	3,0	..	..	0,1
Dibenzo(ae)pyren	..	9,0	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..	..	..
Acenaften	..	..	..	..	..
Fluoren	..	..	..	..	..
Acenaftylene	..	..	12,0	..	..
Naftalen	..	..	..	..	..
Norsk standard 9815	185,6	51,0	39,9	..	27,8
Norsk standard 3058	185,6	42,0	39,9	..	27,8
Borneff (PAH-6)	43,5	14,0	18,0	..	13,4
LRTAP (PAH-4)	17,7	9,0	2,6	4,8	0,4

<sup>1</sup> Bituminous coal; coal boiler/furnace.

<sup>2</sup> Bituminous coal; coal stove.

<sup>3</sup> Inkluderer Benzo(k)fluoranten.

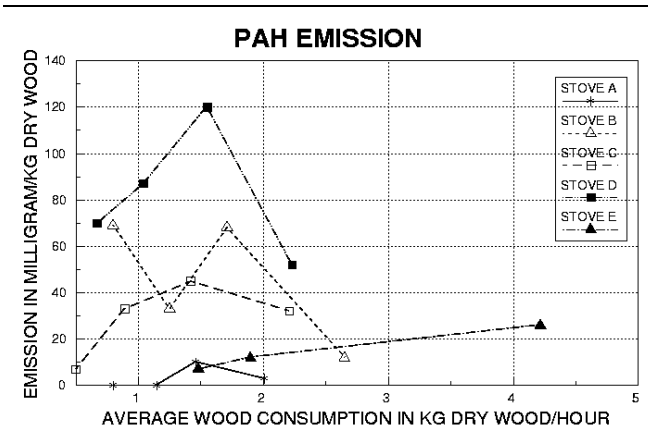
<sup>4</sup> Mangler i denne analysen. Satt inn gjennomsnitt av 25,8 og 5,0.

arbeidene. U.S. EPA oppgir at de har testet PAH både i gassfase og på partikkeloverflater. Dette er ikke oppgitt for Parma m.fl. (1995), men gjelder sannsynligvis der også. Vi anbefaler å bruke faktorene som U.S. EPA oppgir for kullforbrenning i ovn. Dette gir en faktor på 39,9 g/tonn for total PAH. Dette ga et utslipp i Norge på 112 kg PAH (NS9815/3058) i 1999. For koks anbefaler vi utslippsfaktoren på 27,8 g/tonn, noe som gir et utslipp på 36 kg samme år. Utslippsfaktorene for disse kildene er usikre og ikke nødvendigvis representative for norske forhold. Siden forbruket av kull og koks i norske husholdninger er relativt lite vil utslippene uansett være små i forhold til andre kilder, slik at usikre faktorer her kan aksepteres.

#### Ved i vedovn og peis

I Norge er det meste av vedforbruket i husholdningene knyttet til ovn eller peis. En liten del av forbruket skjer i vedfyrte kjeler. I SSB/SFTs utslippsmodell antar vi at alt vedforbruk skjer i ovn og peis. Som nevnt over er PAH-utslippene sterkt avhengig av type forbrenningsteknologi. PAH-utslippene er imidlertid ikke like avhengig av brenselsbelastning (kg ved/time) som partikkelutslippene er (Hansen 1991).

Figur 3.1. Utslipp av PAH som funksjon av belastning på ildsted. "Stove A" er en katalysatorovn. mg/kg



Kilde: Karlsvik m.fl. (1998).

Tabell 3.10. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i et tradisjonelt lukket ildsted<sup>3</sup>. g/tonn

Navn	Tradisjonelt lukket ildsted <sup>1</sup>	Tradisjonelt lukket ildsted <sup>1,2</sup>	Uspesifisert EEA (2000) og U.S. EPA (1995 og 1998b) <sup>4</sup>
	U.S. EPA (1995 og 1998b)	Hansen (1991)	
Benzo(a)pyren	2,0	..	2,0
Benzo(b)fluoranten	3,0	..	2,4
Benzo(k)fluoranten	1,0	..	0,8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0	..	0,2
Fluoranten	10,0	..	..
Benzo(ghi)perylene	2,0	..	..
Fenantren	39,0	..	..
Antracen	7,0	..	..
Pyren	12,0	..	..
Benzo(a)fluoren	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..
Benzo(a)antracen	10,0	..	..
Krysen/trifenylen	6,0	..	..
Benzo(e)pyren	6,0	..	..
Dibenzo(ah)antracen	0,0	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..
Acenaften	5,0	..	..
Fluoren	12,0	..	..
Acenaftylen	..	..	..
Naftalen	..	..	..
Norsk standard 9815	98,0	..	..
Norsk standard 3058	115,0	52,0	..
Borneff (PAH-6)	18,0	8,1	..
LRTAP (PAH-4)	6,0	2,7	5,4

<sup>1</sup> Vedtype: Uspesifisert

<sup>2</sup> Gjennomsnitt av prøver ved ulike belastninger på 3 ulike ovner testet etter NS3058. PAH-4 og PAH-6 beregnet ut fra U.S. EPAs profil i denne tabellen.

<sup>3</sup> Brukes her synonymt med vedovner produsert før 1998.

<sup>4</sup> Beregnet ut fra benzo(a)pyren-faktoren til U.S. EPA (i denne tabellen) og indeks for PAH-4 i EEA (2000).

#### Tradisjonelle lukkede ildsteder

SINTEF (daværende Senter for industriforskning - SI) utviklet for ca. 10 år siden en norsk metode for å måle PAH (Hansen 1991). De gjennomførte tester av flere ildsteder (se figur 3.1). Ildsted A er en katalytisk ovn,

ildsted B-D er tradisjonelle ovner, ildsted E er en peis. Dette arbeidet var det første som er blitt gjort der den enkelte ovn er testet ved ulike belastninger. Testene er utført for de 15 PAH-er som er listet i Norsk Standard 3058-3. Resultatene viser at utslippet for de tradisjonelle vedovnene lå i området 7-120 g/tonn med et gjennomsnitt på 52 g/tonn. Katalysatorovnen har lavere utslipp, men denne ser vi bort fra siden katalysatorer svekkes over tid. Vi har ingen PAH-profil knyttet til disse utslippstestene. I testrapporten står det at det ikke ble funnet spor av benzo(a)pyren i prøvene fra ovnene A (katalysatorovnen) og B. Usikkerheten i analysene anslås til ± 10-20 prosent. Bruker man U.S. EPAs profil får man utslippsfaktorer som vist i tabell 3.10.

SINTEFs tester ga mindre PAH-utslipp enn de testene som U.S. EPA (1995 og 1998b) baserer seg på i sin gjennomgang av utslippsfaktorer. Hvis man plukker ut de samme PAH-ene som er inkludert i NS3058-3, får man et utslipp på 115 g/tonn for et tradisjonelt ildsted basert på denne referansen. Vi anbefaler å bruke SINTEFs faktorer siden de er basert på grundige analyser gjort ved norske forhold.

#### Rentbrennende lukkede ildsteder

Tabell 3.11 viser at utslippsfaktoren for PAH-total ifølge U.S. EPA ligger i samme området for rentbrennende ildsteder som faktoren for tradisjonelle ildsteder som vi beskrev ovenfor. SINTEF (1995) fikk derimot mer enn 1000 ganger lavere resultater i tester fra rentbrennende ildsteder enn i tidligere tester på tradisjonelle ildsteder (Hansen, 1991). Tabell 3.11 viser et gjennomsnitt av spesieringsdata for de 8 SINTEF-testene. De gir en gjennomsnittlig utslippsfaktor på 22,6 µg/kg (mg/tonn). Hva kan årsakene til forskjellen mellom SINTEFs resultater fra 1991 og 1995 være? Begge analysene skal være utført etter Norsk standard 3058-3, så resultatene skal være sammenlignbare. De samme PAH-forbindelsene er kvantifisert, og dette er gjort for både PAH i gassform og på partikkeloverflater for begge testene. Forskjellen er antakelig at de nyeste testene er utført på rentbrennende ovner, mens testene fra 1991 er gjort på tradisjonelle ildsteder. I en e-post skriver Christel Benestad, som utførte testene fra 1991, at variasjon med en faktor på 1000 mellom "gode" og "dårlige" ovner ikke er usannsynlig. Vi velger å stole mer på SINTEFs resultater for norske forhold enn de fra U.S. EPA, som viste liten forskjell mellom rentbrennende og tradisjonelle ovner.

#### Åpne peiser

Tabell 3.12 inneholder utslippsfaktorer for forbrenning av ved i peis. Resultatene for NS-PAH-ene viser at disse gir en utslippsfaktor på 17,4 g/tonn for furuved og 23,8 g/tonn der vedtypen ikke er spesifisert for testene til U.S. EPA. Furuved (samt gran og osp) brukes i noen grad i Norge, selv om bjerkeved er mest brukt.

**Tabell 3.11. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i rentbrennende lukket ildsted<sup>1</sup>. mg/tonn og g/tonn**

Navn	SINTEF (1995)	U.S. EPA (1995 og 1998b)
	mg/tonn	g/tonn
Benzo(a)pyren	0,8	3,0
Benzo(b)fluoranten	1,7	2,0
Benzo(k)fluoranten	-	1,0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	-	10,0
Fluoranten	2,0	4,0
Benzo(ghi)perylene	-	10,0
Fenantren	7,3	59,0
Antracen	1,4	4,0
Pyren	2,4	4,0
Benzo(a)fluoren	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracen	1,6	1,0
Krysen/trifenylen	1,3	5,0
Benzo(e)pyren	0,5	1,0
Dibenzo(ah)antracen	-	2,0
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	1,3	5,0
Fluoren	2,4	7,0
Acenaftylen	..	..
Naftalen	..	..
Norsk standard 9815	18,9	106,0
Norsk standard 3058	22,6	118,0
EPA PAH-16	22,1	117,0
Borneff (PAH-6)	4,5	30,0
LRTAP (PAH-4)	2,5	16,0

<sup>1</sup> Brukes her synonymt med ildsteder fra 1998 eller nyere.

Kilde: SINTEF (1995).

Parma (1995) undersøkelser har en tilsvarende utslippsfaktor på 159 g/tonn. Dette skyldes at det var svært mye fenantren i prøvene. PAH-4 og PAH-6 ligger også noe høyere hos Parma. Tabellen inneholder også data for åpen forbrenning gjengitt i SFT (2000a). Disse verdiene er i samme størrelsesorden som U.S. EPA sine verdier. U.S. EPA har komplette data, og vi velger å bruke denne kilden.

#### Anbefaling og bruk av utslippsfaktorene

Tabell 3.13 viser en oppsummering av faktorene vi anbefaler brukt for norske forhold. For å kunne utnytte utslippsfaktorer som skiller mellom tradisjonelle og rentbrennende ovner samt peis trenger vi selvsagt informasjon om hvordan vedforbruket fordeler seg på disse typene forbrenningsteknologi. Dette er informasjon som samles inn høsten 2000 gjennom SSBs Levekårsundersøkelse (Haakonsen og Kvingedal 2001). Informasjon fra denne undersøkelsen var ikke klar da denne rapporten ble avsluttet. Derfor har vi gjort et anslag basert på en undersøkelse Opinion gjorde for SFT (Opinion 2000a og 2000b).

På grunnlag av data fra Opinions undersøkelser om vedfyring i Oslo sentrum og Lillehammer anslår vi at 22 prosent fyrer i åpen peis, 11 prosent i rentbrennende ildsteder og 68 prosent i tradisjonelle ildsteder. Disse tallene er gjennomsnittet av resultatene

**Tabell 3.12. Utslippsfaktorer for forbrenning av ved i peis. g/tonn**

Navn	Åpen for- brenning <sup>1</sup>	Peis <sup>2</sup>	Peis <sup>1</sup>	Peis
	SFT (2000a)	U.S. EPA (1995 og 1998b)	U.S. EPA (1995 og 1998b)	Parma m.fl. (1995)
Benzo(a)pyren	1,5	1,4	0,7	2,0
Benzo(b)fluoranten	..	1,6	1,9	4,5
Benzo(k)fluoranten	0,5	0,0	0,0	0,0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	..	..	..
Fluoranten	9	1,6	1,6	16,7
Benzo(ghi)perylene	1	1,5	1,4	..
Fenantren	16,5	0,0	0,0	93,6
Antracen	3,5	6,9	8,8	17,7
Pyren	..	1,6	1,6	17,3
Benzo(a)fluoren	..	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..	..
Benzo(a)antracen	1,5	1,4	1,9	2,8
Krysen/trifenylen	2	0,0	..	3,4
Benzo(e)pyren	..	1,4	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..	..	1,0
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..	..
Acenaften	..	..	1,2	..
Fluoren	..	..	4,7	..
Acenaftylen	..	..	..	..
Naftalen	6	..	..	3,8
Norsk standard 9815	36,5	17,4	17,9	159,0
Norsk standard 3058	36,5	17,4	23,8	159,0
EPA PAH-16	42,5	16	23,8	162,8
Borneff (PAH-6)	13	6,1	5,6	23,2
LRTAP (PAH-4)	3	3	2,6	6,5

<sup>1</sup> Vedtype: Uspesifisert.

<sup>2</sup> Vedtype: Furu.

for de to byene. De angir ildstedsbestand og det er ikke tatt hensyn til at vedforbruket er forskjellig i ulike typer ildsteder. Det er også antatt at alle bare har en type ildsted. Disse forenklingene er åpenbart feilaktige, og tallene vil ved framtidige beregninger bli revidert ut fra data fra Levekårsundersøkelsen 2000.

Vedforbruket i husholdningene var 1416 ktonn i 1999. Hvis man bruker den vektete faktoren i tabell 3.13 gir dette et PAH-utslipp på 55 tonn i henhold til NS3058-3. PAH i henhold til NS9815 vil ikke være veldig forskjellig.

#### Gass

Gass utgjør i dag en ubetydelig del av energiforbruket i husholdningene. Noen få boliger har installert gasspeis eller gasskomfyr. I tillegg inngår også bruk av propan på hytter o.l. samt gassgriller i denne kilden. Likevel er totalforbruket og det resulterende PAH-utslippet så lite at vi velger å se bort fra det.

#### Fyringsparafin

U.S. EPA oppgir PAH-profiler for utslipp fra forbrenning av fyringsparafin. Andre referanser oppgir ikke profiler for fyringsparafin. Utslippene er i størrelsesordenen 0,014-0,065 g/tonn med et gjennomsnitt på

**Tabell 3.13. Valgte utslippsfaktorer for PAH fra bruk av ved i ovn og peis. g/tonn**

	Tradisjonelt lukket ildsted (produsert før 1998)	Rent-brennende lukket ildsted (produsert 1998-2000)	Åpen peis (uavhengig av alder)	Vedfyring, vekt med ild-stedsbestand 1999/2000
	g/tonn	g/tonn	g/tonn	g/tonn
Norsk standard 3058	52,0	0,0226	17,4	38,8
Borneff (PAH-6)	8,1	0,045	6,1	6,8
LRTAP (PAH-4)	2,7	0,025	3	2,5

Kilder: Hansen (1991), SINTEF (1995) og U.S. EPA (1995).

**Tabell 3.14. Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av fyringsparafin i husholdningene. g/tonn**

Navn	Godt innstilt brenner	Dårlig innstilt brenner	Gjennomsnitt
Benzo(a)pyren	..	..	..
Benzo(b)fluoranten	..	..	..
Benzo(k)fluoranten	..	..	..
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	..	..
Fluoranten	0,001	0,013	0,007
Benzo(ghi)perylene	..	..	..
Fenantren	0,013	0,039	0,026
Antracen	..	0,013	0,006
Pyren	..	..	..
Benzo(a)fluoren	..	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..	..
Benzo(a)antracen	..	..	..
Krysen/trifenylene	0,000	..	0,000
Benzo(e)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..	..
Acenaften	..	..	..
Fluoren	..	..	..
Acenaftylen	..	..	..
Naftalen	0,345	0,991	0,668
Norsk standard 9815	0,014	0,065	0,039
Borneff (PAH-6)	0,001	0,013	0,007
LRTAP (PAH-4)	0,000	0,000	0,000

Kilde: U.S. EPA (1998b).

0,039 g/tonn for de PAHene som omfattes av Norsk standard (se tabell 3.14) Vi anbefaler å basere beregningene på dette gjennomsnittsnivået. Med et fyringsparafinforbruk i husholdningene på 144 ktonn i 1999 skulle dette gi et totalt PAH-utslipp på ca. 6 kg (NS9815).

#### Fyringsolje

U.S. EPA (1995) oppgir data for POM (*Polycyclic Organic Matter*) fra forbrenning av fyringsolje i kjele. Faktoren er på 9,7 kg/1000 liter (ca. 11,5 g/tonn). Det er ikke spesifisert hvilke forbindelser som inngår i analysen, men det er antakelig en del mer enn det som inngår i Norsk Standard. Giegrich m.fl. (1997) oppgir en faktor for Borneff-6 (PAH-6) på 0,2 g/tonn. Denne rapporten inneholder heller ingen profil av utslippene. Tabellen under viser også en profil for utslipp fra forbrenning av fyringsolje i ovn. Den har en utslippsfaktor

**Tabell 3.15. Utslippsfaktorer for PAH fra forbrenning av fyringsolje i husholdningene. g/tonn**

	Ovn	Kjele <sup>1</sup>
	U.S. EPA (1995)	Giegrich m.fl. (1997)
Benzo(a)pyren	0,003	..
Benzo(b)fluoranten	..	..
Benzo(k)fluoranten	..	..
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	..
Fluoranten	0,560	..
Benzo(ghi)perylene	0,007	..
Fenantren	0,143	..
Antracen	..	..
Pyren	0,202	..
Benzo(a)fluoren	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracen	0,077	..
Krysen/trifenylene	..	..
Benzo(e)pyren	0,018	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	..	..
Fluoren	..	..
Acenaftylen	..	..
Naftalen	..	..
Norsk standard 9815	1,010	..
Borneff (PAH-6)	0,569	0,2
LRTAP (PAH-4)	0,003	..

<sup>1</sup> Det er ikke oppgitt noen PAH-profil i Giegrich m.fl., men utslippsfaktoren er oppgitt som Borneff-6, dvs. PAH-6 i henhold til OSPAR.

Kilde: Giegrich m.fl. (1997) (kjele) og U.S. EPA (1995) (ovn).

for NS-PAH på 1,01 g/tonn. Med et fyringsoljeforbruk i husholdningene på 149 ktonn i 1999 skulle dette gi ca. 150 kg PAH i henhold til NS9815. Det er imidlertid viktig å merke seg at det meste av fyringsoljeforbruket i norske husholdninger skjer i fyrkjele og ikke i ovn. Dette kan gi en noe lavere utslippsfaktor og dermed et lavere årlig utslipp. Utslippsfaktorene vil sikkert også variere fra små anlegg i eneboliger til større sentralfyringsanlegg i blokker og borettslag.

#### 3.3.1.6. Avfallsforbrenning

Ingen av anleggene rapporterer PAH-utslipp til Inkosys. Utslippene er derfor beregnet ved hjelp av utslippsfaktorer og mengde avfall som forbrennes.

#### Fjernvarmeanlegg

I NILU/NIVA (1995) ble det benyttet en utslippsfaktor på 2,5 g PAH/tonn avfall. SFT anbefaler nå faktoren 1,5 mg/tonn avfall, siden utslippene har blitt vesentlig redusert (Haakonsen m.fl. 1998, SFT 2000a). Vi antar her at disse faktorene er relatert til Norsk Standard for aluminium (NS9815).

For 1994 rapporterte bedriftene et samlet utslipp på 672 kg PAH (Rypdal og Mykkelbost upublisert). Samtidig ble det forbrent 438 ktonn avfall ved anleggene. Dette resulterer i en utslippsfaktor på 1,5 g/tonn avfall.

Faktoren på 1 mg/tonn avfall gir et utslipp på ca. 1 kg. Dette er svært lavt i nasjonal sammenheng, og det kan virke urimelig med en såpass kraftig reduksjon i utslippene. Det er ikke utslippskrav til PAH, men krav til andre komponenter slik som støv og dioksiner vil også redusere utslippene av PAH.

Fra og med 1995 ble det satt nye krav til utslippene fra avfallsforbrenningen. For PAH-total velger vi derfor å benytte den tidligere utslippsfaktoren på 2,5 g/tonn avfall til og med 1994. Resultatene for de rapporterte utslippene for 1994 kan imidlertid tyde på at utslippene kan ha vært lavere på første halvdel av 90-tallet. For årene etter 1994 velger vi å anta at utslippene av PAH er redusert tilsvarende støvutslippene (dvs. med 70 prosent, se avsnitt 4.2.1.8). Det bør arbeides for å finne bedre informasjon om PAH-utslipp fra avfallsforbrenning gitt dagens teknologi.

Vi har ikke funnet måleresultater som viser sammensetningen av PAH fra fjernvarmeanlegg i Norge. For å beregne faktorer for PAH-4 og PAH-6 må vi benytte utslippsprofiler fra litteraturen. U.S. EPA (1998b) gir en utslippsfaktor for naftalen ved forbrenning av kommunalt avfall i fjernvarmeanlegg. De andre 15 PAH-komponenter som inngår i U.S. EPAs gruppering (se tabell 3.1) ble ikke detektert i målingene. Siden naftalen ikke inngår i gruppene av PAH som behandles her, kan ikke denne kilden benyttes.

I tabell 3.16 er en utslippsprofil av ulike PAH-er fra forbrenning av kommunalt (husholdning) og klinisk avfall ved lav forbrenning (800-900°C) og et godt rense-system gitt. Dataene er hentet fra en tsjekkisk rapport (Parma m.fl. 1995) og blir også referert til i EEA (2000). Relativt til verdien for norsk standard for ved er 1,6 prosent av utslippet relatert til komponenter som inngår i LRTAP, mens 34 prosent inkluderes i Borneff. Også vist i tabellen er utslippsfaktorer for et fjernvarmeanlegg i Sverige fyrst med trepulver og effekt på 7,5 MWh. Her utgjør PAH-4 bare 1 prosent av utslippet fra komponentene i total PAH, mens 20 prosent inngår i PAH-6.

Utslippsprofilene i tabell 3.16 er relativt like. Vi velger å benytte profilen fra den svenske biobrenselundersøkelsen (Karlsson m.fl. 1992) siden denne har målt flere utslippskomponenter. Tabell 3.17 viser anbefalte utslippsfaktorer.

Forbrenning av 487 ktonn avfall i 1999 gir da et totalt PAH-utslipp på 365 kg. I 1994 ble det brent 440 ktonn avfall, noe som gir et utslipp på 1,1 tonn PAH.

#### Avfallsforbrenning ved sykehus

Det er tidligere antatt en utslippsfaktor for total PAH på 2,5 mg/tonn avfall som forbrennes (Rypdal og Mykkelbost, upublisert). U.S. EPA (1998b) har bare utslippsdata for naftalen, som ikke inngår i norske standarder.

**Tabell 3.16. PAH fra forbrenning av avfall og biobrensel. g/tonn**

Komponent	Forbrenningsovn fyrst med kommunalt, husholdnings- og sykehusavfall <sup>1</sup>	Fjernvarmeanlegg fyrst med trepulver <sup>2</sup>
Benzo(a)pyren	0,0007	0,002
Benzo(b)fluoranten	0,006	-
Benzo(k)fluoranten	..	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	0,005
Fluoranten	0,15	0,14
Benzo(ghi)perylene	..	0,011
Fenantren	0,11	0,22
Antracene	0,009	0,020
Pyren	0,15	0,17
Benzo(a)fluoren	..	0,008
Benzo(b)fluoren	..	0,003
Benz(a)antracene	0,0042	0,004
Krysen/trifenylene	0,019	0,008
Benzo(e)pyren	..	0,004
Dibenzo(ah)antracene	..	-
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	0,0035	-
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	..	0,20
Acenaftylene	..	0,32
Fluoren	..	0,007
Naftalen	0,052	..
Norsk standard 9815	0,45	0,6
Norsk standard 3058	0,44	0,8
Borneff (PAH-6)	0,15	0,16
LRTAP (PAH-4)	0,007	0,008

<sup>1</sup> Kilde: Parma m.fl. 1995.

<sup>2</sup> Kilde: Karlsson m.fl. 1992.

**Tabell 3.17. Valgte utslippsfaktorer for PAH fra avfallsforbrenning i fjernvarmeanlegg. g/tonn**

	1990 - 1994	1995 ->
Total PAH	2,5	0,75
Borneff (PAH-6)	0,7	0,2
LRTAP (PAH-4)	0,03	0,01

Hvis vi antar en tilsvarende utslippsprofil som i Parma m.fl. (1995), gitt i tabell 3.16, utgjør komponentene i PAH-4 ca. 1,5 prosent av totalutslippet (ved NS 9815) og PAH-6 utgjør 35 prosent. Dette gir da en utslippsfaktor på 0,04 mg/tonn for PAH-4 og 0,9 mg/tonn for PAH-6. Ved en avfallsmengde på 400-500 tonn i året (SFT personlig meddelelse) blir dette et svært lavt utslipp.

#### Spesialavfall

En bedrift har rapportert et PAH-utslipp på 350 kg fra forbrenning av pyrolyseolje i 1998 og 1999. Det kan se ut som det er en kommafeil i dette tallet - 35 kg er derfor brukt i beregningene (basert på måledata). Dette tallet bør verifiseres før neste beregning. Historiske data er beregnet ut fra mengde pyrolyseolje brent, som har vært relativt konstant bortsett fra i 1995 og 1996. Pyrolyseolje var ikke definert som spesialavfall i statistikken til NORSAS før fra og med 1998.

Spesieringsdata er basert på måledata for bedriften. De viser at omtrent 1 prosent er PAH-4 og 8 prosent PAH-6.

### 3.3.1.7. Brønntesting

Oljeindustriens landsforening (OLF) har bl.a. målt utslipp av PAH ved fullskalaforsøk for utslipp fra brønntesting (OLF 1991). De målte da et gjennomsnittlig utslipp på 12 g PAH per tonn olje forbrent. Det er ikke spesifisert utslippsprofil eller hvilke komponenter som ble målt.

I mangel av data på fordelingen av ulike PAH-komponenter, antar vi en tilsvarende fordeling som ved forbrenning av tungolje i industrien (se tabell 3.4). Dette vil si at PAH-4 utgjør 2 prosent av totalutslippet, mens PAH-6 utgjør 20 prosent, slik at utslippsfaktorene for PAH-4 og PAH-6 blir på henholdsvis 0,24 g/tonn og 2,4 g/tonn.

I 1999 gikk det med 15 ktonn olje til forbrenning ved brønntesting. Dette gir et totalt PAH-utslipp på ca. 185 kg.

### 3.3.1.8. Annet

Ifølge Bjørnstad (1994) kan det være utslipp av PAH, kvikksølv og andre miljøgifter i forbindelse med branner og åpen brenning på fyllplasser. Disse utslippene kan være betydelige, men det er ikke grunnlag for å beregne dem - både utslippsfaktorer og aktivitetsdata mangler.

PAH-utslipp fra skogbranner kan være vesentlige. Vi anser imidlertid dette for å være en "naturlig utslippskilde" som ikke skal inngå i totale utslippstall ved rapportering til internasjonale miljøprotokoller (EEA 2000). Det blir derfor ikke beregnet noe utslipp fra denne kilden i forbindelse med dette arbeidet.

### Kremasjoner og forbrenning av dyreskrotter

SFT (2000a) oppgir at utslippsfaktoren kan være i området 0,2-1,5 g/tonn forbrent. Rypdal og Mykkelbost (upublisert) oppgir en faktor på 0,7 g/tonn for kremasjoner. Omregnet til kg/kremasjon skulle dette bli ca. 0,035 kg/kremasjon (total PAH). Selv om dette er tall på total PAH, virker de høye i forhold til tallene fra EEA (2000) og U.S. EPA (1998) i tabell 3.18. Disse tallene gjelder også for krematorier uten rensaneanlegg. Som man kan se av tabellen er det bare tall for noen av PAHene. Det er usikkert om de andre PAHene ikke er målt eller om verdien for disse er 0 (null). Vi har valgt å bruke faktorer basert på total PAH fra Rypdal og Mykkelbost kombinert med profiler for avfallsforbrenning fra Parma m.fl. (1995) i dette arbeidet (se tabell 3.19).

Med 14 000 kremasjoner i 1999 blir totalt utslipp av PAH 486 kg.

**Tabell 3.18. Utslippsfaktorer for PAH fra kremasjon. mg/kremasjon**

	EEA (2000)	U.S.EPA (1998b)
Benzo(a)pyren	0,000010	..
Benzo(b)fluoranten/	..	..
Benzo(k)fluoranten	..	..
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	..
Fluoranten	0,000059	0,093
Benzo(ghi)perylene	..	..
Fenantren	..	1,040
Antracene	..	0,147
Pyren	..	0,073
Benzo(a)fluoren	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracene	0,000004	..
Krysen/trifenylene	..	..
Benzo(e)pyren	..	..
Dibenzo(ah)antracene	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	..	0,050
Fluoren	..	0,417
Norsk standard 9815	0,00007	1,35340
Borneff (PAH-6)	0,00007	0,09310
LRTAP (PAH-4)	0,00001	0,00000

**Tabell 3.19. Valgte utslippsfaktorer for PAH fra kremasjoner**

	kg/tonn	g/kremasjon
Norsk standard 9815	0,7	35
Borneff (PAH-6) <sup>1</sup>	0,23	11,7
LRTAP (PAH-4) <sup>1</sup>	0,01	0,5

<sup>1</sup> Utslippsfaktorer for PAH-6 og PAH-4 er beregnet ut fra totalt PAH fra Rypdal og Mykkelbost (upublisert) og utslippsprofil fra Parma m.fl. (1995).

Kilder: Rypdal og Mykkelbost (upublisert) og Parma m.fl. (1995).

**Tabell 3.20. Utslippsfaktorer for PAH fra sigarett røyking**

	g/sigarett	g/tonn
Benzo(a)pyren	..	..
Benzo(b)fluoranten/	..	..
Benzo(k)fluoranten	..	..
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	..
Fluoranten	9,5E-07	1,25
Benzo(ghi)perylene	..	..
Fenantren	2,6E-06	3,43
Antracene	7,6E-04	1,00
Pyren	1E-06	1,32
Benzo(a)fluoren	5,4E-07	0,71
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracene	2,7E-07	0,36
Krysen/trifenylene	6,7E-07	0,88
Benzo(e)pyren	..	..
Dibenzo(ah)antracene	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	..	..
Fluoren	..	..
Acenaftylen	..	..
Naftalen	..	..
Norsk standard 9815	6,79E-09	8,96
Norsk standard 3058	6,25E-09	8,25
Borneff (PAH-6)	9,50E-10	1,25
LRTAP (PAH-4)	0,00E+00	0,00

Kilde: U.S. EPA (1998b).



**Tabell 3.21. Utslippsfaktorer for PAH fra åpen brenning av hageavfall. g/tonn**

Navn	
Benzo(a)pyren	0,35
Benzo(b)fluoranten/	..
Benzo(k)fluoranten	..
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..
Fluoranten	1,11
Benzo(ghi)perylene	0,16
Fenantren	..
Antracen	..
Pyren	1,72
Benzo(a)fluoren	..
Benzo(b)fluoren	..
Benzo(a)antracen	..
Krysen/trifenylene	..
Benzo(e)pyren	0,15
Dibenzo(ah)antracen	..
Dibenzo(ae)pyren	..
Dibenzo(ah)pyren	..
Dibenzo(ai)pyren	..
Acenaften	..
Fluoren	..
Acenaftylen	..
Naftalen	..
Norsk standard 9815	3,49
Norsk standard 3058	3,49
Borneff (PAH-6)	1,62
LRTAP (PAH-4)	0,35

Kilde: U.S. EPA (1998b).

Vi har ikke funnet egne utslippsdata for forbrenning av dyreskrotter. Samme utslippsfaktorer som for kremasjoner kan antakelig brukes. Vi mangler imidlertid aktivitetsdata, slik at utslipp fra denne kilden ikke er beregnet i dette arbeidet.

#### Sigaretter

Tabell 3.20 viser utslippsfaktorer for PAH fra sigarett-røyking. Mye av PAH-stoffene vil avsettes i lungene til røykeren, men tabellen under viser faktorer for hvor mye av stoffet som slipper ut til luft. Med disse utslippsfaktorene og forbruket av tobakk i 1999 fører dette til et PAH-utslipp på ca. 35 kg (NS9815).

#### Brenning av hageavfall og diverse bålbrenning

Tabell 3.21 viser utslippsfaktorer for PAH fra åpen brenning av hageavfall. Utslippsfaktorene er relativt høye som følge av dårlig forbrenningseffektivitet. Vi mangler imidlertid aktivitetsdata for denne kilden, slik at utslippene ikke blir beregnet i forbindelse med dette arbeidet.

Når det gjelder brenning av bål, mangler vi også aktivitetsdata. Disse utslippene blir derfor heller ikke beregnet i forbindelse med dette arbeidet.

#### Halmbrenning

NILU/NIVA (1995) opererer med en utslippsfaktor på 30 mg PAH/kg halm (tørrstoff). Det er ikke presentert noen utslippsprofil i denne rapporten, men vi antar at profilen i tabell 3.21 som gjelder brenning av hageavfall kan brukes. Tabell 3.22 viser utslippsfaktorene

**Tabell 3.22. Utslippsfaktorer for PAH fra halmbrenning. g/tonn**

Norsk standard 9815	30,0
Borneff (PAH-6)	13,9
LRTAP (PAH-4)	3,0

Kilde: NILU/NIVA (1995) og U.S. EPA (1998b).

**Tabell 3.23. Utslippsfaktorer for utslipp fra utegrilling<sup>1</sup>. g/tonn**

Norsk standard 9815	24,5
Borneff (PAH-6)	2,6
LRTAP (PAH-4)	2,6

<sup>1</sup> Faktorene er egentlig oppgitt for forbrenning av kull i ovn i husholdningene.

for de tre ulike PAH-gruppene som vi omtaler i dette arbeidet. Aktivitetsdata kan baseres på anslag gjort ved Planteforsk. I utslippsberegningene har vi lagt til grunn at halmbrenning er redusert fra anslagsvis 30 prosent av avlingen i 1990 til 15 prosent i 2000 (Stabbetorp 2001).

Med 195 ktonn halm brent i 1999 ga dette et utslipp på nesten 6 tonn total PAH dette året, og nesten dobbelt så mye i 1990.

#### Grillkull

Vi har ikke funnet utslippsfaktorer for denne utslippskilden. Forbrenningen vil være dårlig ved utegrilling grunnet avkjøling av bålet ved fri lufttilgang. Utslippsfaktorer knyttet til denne aktiviteten vil være minst like store som for forbrenning av kull i husholdningene. Vi anbefaler derfor å bruke samme faktorer som for husholdningene. Gjesdal m.fl. (1998) anslo forbruket av grillkull til å være i størrelsesordenen 2000 tonn årlig. Dette fører til et utslipp på noe under 49 kg total PAH per år.

### 3.3.2. Utslipp fra mobil forbrenning

#### 3.3.2.1. Veitrafikk

PAH-4 er inkludert i den norske veimodellen (Bang m.fl. 1999). Ellers vurderer vi EEA (2000) som den beste kilden for europeisk teknologi. Vi har ikke vurdert utslipp fra U.S.EPA siden det er andre avgasskrav i USA enn i Europa.

Utslipp av PAH fra veitrafikk skyldes forbrenning av drivstoff (se avsnittene 3.3.3.11 og 3.3.3.12 for opplysninger om utslipp fra slitasje av bildekk og asfalt). Utslippsnivået påvirkes både av PAH-innhold i drivstoff, men særlig av motortekniske forhold. PAH slipper ut både i gassform og bundet til partikler (Bang m.fl. 1999). Kaldstartutslipp beregnes i tillegg. Faktorer (g/start) er estimert ut fra partikkelutslipp, men bare lette dieserbiler er regnet å ha slike kaldstartutslipp og gir et ubetydelig bidrag. Utslippsfaktorer for personbiler basert på veimodellen er gitt i tabell 3.24.

Tabell 3.24. Utslipp av PAH-forbindelser fra personbiler. µg/km

Navn	Bensin uten katalysator			Bensin med katalysator			Diesel med og uten avgasskrav		
	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t
Borneff (PAH-6)	70	60	50	25	5	5	80	80	80
LRTAP (PAH-4)	20	15	15	8	1	1	15	15	15

Kilde: Bang m.fl. (1999).

Tabell 3.25. Utslipp av PAH-forbindelser fra personbiler. µg/km

Navn	Bensin uten katalysator			Bensin med katalysator			Diesel med og uten katalysator		
	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t
Benzo(a)pyren		1,07			0,41			1,77	
Benzo(b)fluoranten		1,26			0,37			1,60	
Benzo(k)fluoranten		0,97			0,47			1,43	
Indeno(1,2,3-cd)pyren		1,02			0,58			1,65	
Fluoranten		19,97			1,79			26,18	
Benzo(ghi)perylene		2,64			0,78			3,41	
Fenantren		61,7			5,81			50,05	
Antracen		7,66			1,07			0,14	
Pyren		22,1			1,87			24,55	
Benzo(a)fluoren		..			..			..	
Benzo(b)fluoren		4,08			0,65			13,34	
Benzo(a)antracen		3,02			1,05			2,69	
Krysen/trifenylene		12,37			0,92			12,82	
Benzo(e)pyren		1,82			0,10			6,59	
Dibenzo(ah)antracen		0,15			0,30			0,36	
Dibenzo(ae)pyren		..			..			..	
Dibenzo(ah)pyren		..			..			..	
Dibenzo(ai)pyren		..			..			..	
Norsk standard 9815		139,8			16,2			146,6	
Borneff (PAH-6)		26,9			4,4			36,0	
LRTAP (PAH-4)		4,3			1,8			6,45	

Kilde: EEA (2000).

Tabell 3.26. Utslipp av PAH-forbindelser fra tunge kjøretøy. mg/kg drivstoff<sup>1</sup>

Navn	Bensin med og uten katalysator			Diesel uten avgasskrav			Diesel med avgasskrav (Euro I)		
	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t	30 og 50 km/t	60 og 70 km/t	80 og 90 km/t
Borneff (PAH-6)	0,8	1,0	1,0	2,5	2,0	2,4	1,4	1,1	1,2
LRTAP (PAH-4)	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,3	0,3	0,3

<sup>1</sup> Faktorene gjelder nye biler. Utslippene vil øke som følge av aldring.

Tabell 3.25 viser utslippsfaktorene for lette biler anbefalt i EEA (2000). Disse dekker både kaldstart og kjøring med varm motor. De er gitt for en gjennomsnittlig hastighet og alder.

Resultatene fra veimodellen stemmer relativt bra for katalysatorbil, men er nokså forskjellige for bil uten katalysator og dieselbil. Dette til tross for at dataene dels er basert på samme originale kilder. Vi velger å fortsatt bruke data fra Bang m.fl. (1999). Veimodellen gir ikke data for PAH-total, vi benytter derfor data fra EEA (2000) for dette. Dette gir et utslipp av PAH-total (NS 9815) på 4 tonn i 1991, utslippet var 3,8 tonn (7 prosent lavere) i 1999. Utslipp fra bensinbiler har gått ned som følge av flere biler med treveis katalysator, mens utslipp fra dieselbiler er mer enn fordoblet.

Datagrunnlaget for tunge kjøretøy er dårligere enn for lette. Det er i veimodellen antatt at tunge diesel-

kjøretøy fra 1996 (Euro II) kun har litt lavere utslipp enn Euro (I) (fra 1993), men dette er basert på antakelser om reduksjoner i NMVOC-utslipp, og ikke eksakt kunnskap (se tabell 3.26). Avgasskravene fra 2001 (Euro III) vil imidlertid trolig ha større betydning for å redusere utslippene av PAH (Bang m.fl. 1999).

EEA (2000) gir en gjennomsnittsfaktor for tunge kjøretøy på ca. 0,3 mg/kg for PAH-6 og ca. 0,1 mg/kg for PAH-4 (omregnet til g/kg drivstoff), altså noe lavere faktorer enn i veimodellen<sup>4</sup>. Total PAH (NS-9815) kan fra denne kilden beregnes til 1 mg/kg. Dette er imidlertid lavt i forhold til PAH-6 i veimodellen (se tabell 3.26). Dette kan tyde på at dataene i veimodellen er for høye. Vi velger allikevel inntil videre å benytte dataene på PAH-4 og PAH-6 fra veimodellen.

<sup>4</sup> Faktorene er oppgitt i µg/km, og omregningen til g/kg drivstoff er svært usikker.

**Tabell 3.27. Gjennomsnittlige\* utslippsfaktorer for veitrafikk. g/tonn drivstoff. 1991 og 1999**

	1991			1999		
	Total PAH	PAH-6	PAH-4	Total PAH	PAH-6	PAH-4
Bensin						
- Lette	2,0	0,8	0,2	1,0	0,4	0,1
- Tunge	2,0	1,0	0,2	2,0	1,0	0,2
Diesel						
- Lette	4,4	2,4	0,4	4,4	2,4	0,4
- Tunge	5,1	2,6	0,6	3,6	1,8	0,4

\* Midlet over teknologier, alder og kjøremåter.

**Tabell 3.28. Utslippsfaktorer for motorredskaper, småbåter og jernbane. g/tonn drivstoff**

Navn	Dieselmotorer	Bensinmotorer
Benzo(a)pyren	0,03	0,04
Benzo(b)fluoranten	0,05	0,04
Benzo(k)fluoranten	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	-	-
Fluoranten	0,45	0,45
Benzo(ghi)perylene	-	-
Fenantren	2,50	1,2
Antracen	-	-
Pyren	-	-
Benzo(a)fluoren	-	-
Benzo(b)fluoren	-	-
Benzo(a)antracen	0,08	0,075
Krysen/trifenylene	0,20	0,15
Benzo(e)pyren	-	-
Dibenzo(ah)antracen	0,01	0,01
Dibenzo(ae)pyren	-	-
Dibenzo(ah)pyren	-	-
Dibenzo(ai)pyren	-	-
Norsk standard 9815	3,32	1,97
Borneff (PAH-6)	0,53	0,53
LRTAP (PAH-4)	0,08	0,08

Kilde: EEA (2000).

Ifølge EEA (2000) utgjør PAH-6 ca. halvparten av total PAH (NS-9815), og vi approksimerer derfor total PAH på denne måten. Dette utgjør ca. 4 tonn total-PAH, og er altså en viktig utslippskilde i nasjonal sammenheng. PAH-utslipp fra tunge kjøretøy var relativt uendret fra 1991 til 1999 på tross av økt forbruk av drivstoff.

Gjennomsnittlige utslippsfaktorer for veitrafikk i g/kg drivstoff for 1991 og 1999 er gitt i tabell 3.27.

### 3.3.2.2. Motorredskap, småbåter og jernbane

EEA (2000) gir generelle utslippsfaktorer for motorredskaper ved forbrenning av diesel og bensin. Vi velger å benytte disse for motorredskaper, småbåter og diesellokomotiver (tabell 3.28).

Forbruket av autodiesel innen jernbane, småbåter og motorredskaper var 258 ktonn i 1999, noe som gir et utslipp av PAH på ca. 850 kg. Tilsvarende gir et bensinforbruk på ca. 90 ktonn et PAH-utslipp på 177 kg.

**Tabell 3.29. Utslipp av PAH fra skip. g/tonn drivstoff**

Navn	
Benzo(a)pyren	0,0
Benzo(b)fluoranten	0,02
Benzo(k)fluoranten	0,0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0
Fluoranten	0,22
Benzo(ghi)perylene	0,02
Fenantren	0,73
Antracen	0,01
Pyren	0,27
Benzo(a)fluoren	-
Benzo(b)fluoren	0,12
Benzo(a)antracen	0,10
Krysen/trifenylene	-
Benzo(e)pyren	0,04
Dibenzo(ah)antracen	0,02
Dibenzo(ae)pyren	-
Dibenzo(ah)pyren	-
Dibenzo(ai)pyren	-
Norsk standard 9815	1,60
Borneff (PAH-6)	0,26
LRTAP (PAH-4)	0,04

Kilde: Lloyds (1995) og EEA (2000).

### 3.3.2.3. Skip og fiskebåter

Målingene fra Lloyds (1995) vurderes som de beste når det gjelder utslipp av PAH (tabell 3.29). Disse er også anbefalt i EEA (2000). Siden skipsmotorer er homogene er det ikke behov for spesielle tilpasninger til norske forhold. Utslipptet av PAH-total (NS 9815) blir hele 2,3 tonn. Dette skyldes at Norge har mye skipsfart. Tallene inkluderer kun innenriks sjøfart og fiske, i henhold til hva som inkluderes i internasjonale miljøavtaler (LRTAP).

Det er nylig foretatt målinger fra svenske ferger (Cooper 2000). For konvensjonelle ferger er det oppgitt en faktor for PAH-total på ca. 3,7 g/tonn (ekskludert naftalen). Siden dette er foreløpige tall har vi sett bort fra denne informasjonen her. Denne kilden gir imidlertid også faktorer for PAH fra gassturbinferger og ved katalytisk reduksjon av avgasser fra dieselmotor.

### 3.3.2.4. Luftfart

Det finnes liten informasjon om PAH-utslipp, men utslippene er ikke antatt å være særlig store. U.S.EPA er kommet fram til et PAH-16/VOC forhold på  $1,2 \cdot 10^{-4}$  og et PAH-7/VOC forhold på  $1,0 \cdot 10^{-6}$  for kommersiell luftfart (U.S.EPA 1999). PAH-7 inkluderer PAH-4 og tre forbindelser til. Bruker vi de norske gjennomsnittlige utslippsfaktorene for VOC (varierer mellom utenriks og innenriks luftfart og flygefaser) tilsvarer dette altså en maksimal utslippsfaktor for PAH-16 og "PAH-7" som angitt i tabell 3.30.

**Tabell 3.30. Utslippsfaktorer for PAH fra luftfart. g/tonn drivstoff**

	PAH-16	"PAH-7"
Innenriks		
- <100 m	0,54	0,02
- 100-1000 m	0,32	0,02
- Cruise	0,29	0,02
Utenriks		
- <100 m	0,18	0,02
- 100-1000 m	0,05	0,0
- Cruise	0,10	0,0

Det gis ikke spesieringsdata som er sammenlignbare med utslippsfaktorene. PAH-7 hos U.S.EPA inkluderer også andre komponenter enn PAH-6 i dette arbeidet. Utslippene er uansett små (total PAH blir under 0,1 tonn). PAH-4 settes vilkårlig lik en fjerdedel av PAH-7 (fluoranten er en viktig komponent ifølge ufullstendige spesieringsdata).

Merk at dagens rapporteringsretningslinjer for LRTAP kun inkluderer utslipp fra innenriks og utenriks luftfart under 1000 m. Vi baserer oss derfor på denne avgrensingen når vi beregner totale utslipp her.

Utslipp av PAH-total fra landing og avgang i Norge blir 74 kg.

### 3.3.3. Prosessutslipp

#### 3.3.3.1. Olje-, gass- og kullutvinning

Det finnes ikke informasjon om PAH-utslipp i litteraturen, og vi antar at de er neglisjerbare.

#### 3.3.3.2. Raffinerier

U.S. EPA (1998b) oppgir utslippsfaktorer for ulike PAH-komponenter fra katalytisk kraking av tyngre petroleumprodukter. Dannelsen av PAH skjer når karbon som er avsatt på overflaten av katalysatoren forbrennes i regeneratorene.

Det er bare ett anlegg med katalytisk kraking i Norge. Gassen fra regeneratoren forbrennes i en CO-kjele. Dette forventes å redusere utslippene med 99 prosent (U.S. EPA 1998b). I tillegg har anlegget elektrostatiske filter.

Måledataene referert i U.S. EPA (1998) kommer helt tilbake fra 1967 og er for anlegg uten rensing. Ett av målesettene er for et anlegg med CO-kjele. Utslippsfaktor for total PAH (NS9815) blir her ca. 0,003 g PAH per tonn tungolje som krakkes. Hvis vi antar at omtrent 20 prosent av råoljen som raffineres ved Statoil, Mongstad blir krakket, dvs. ca. 1300 ktonn, tilsvarer dette et utslipp på 3,5 kg.

Siden det norske anlegget også har rensing i tillegg til CO-kjele, antar vi at utslippet blir vesentlig lavere. Vi ser derfor bort fra denne kilden.

#### 3.3.3.3. Bruk av løsemidler

##### Kreosotbehandlede materialer

Det er tre hovedtyper impregneringsmidler: kreosot, oljeløste midler og vannløste salter (NTI 2000). De vannløste saltene brukes mest. Kreosot brukes fortrinnsvis til bryggepæler og ledningsstolper, men også til gjerdestolper og takbord. I Norge er det et krav til kreosoten som brukes at den skal inneholde mindre enn 50 mg/kg benzo(a)pyren (NTI 2000). Tidligere ble kreosot mye brukt i jernbanesviller m.v. Det vil dampe av PAH-forbindelser fra de behandlede materialene i varmt vær. I tillegg til disse utslippene kommer utslippet knyttet til selve impregneringen. Fred G. Evans ved Norsk treteknisk institutt oppgir at med dagens kreosotoljer vil 5-10 prosent dampe av innen anslagsvis 3-4 år (Evans 2000). Avdampningen varierer med type olje brukt. Tidligere brukte man andre typer oljer med større avdampning som resultat. De minste PAH-forbindelsene som f.eks. naftalen er mest flyktige. Flere av forbindelsene brukt til trebehandling vil ikke dampe av.

Huse (2000) oppgir basert på NILU/NIVA (1995) at kreosotolje inneholder 55 prosent PAH. Tabell 3.31 viser data fra et produktdatablad for kreosotolje brukt ved et impregneringsverk i Norge. Oljen kan inneholde flere PAH-er enn dette. Målinger av utslipp til luft og vann ved dette impregneringsverket viser funn av alle PAH-forbindelser som skal inkluderes i vårt arbeid (Aa 2000). Dette tyder på at forbindelsene finnes i oljen. Selv om tabell 3.31 altså antyder et innhold av PAH-total (NS9815) på ca. 30 prosent, kan dette dermed være i underkant av reell verdi. Tar man med acenaften og fluoren som ikke er med i vår definisjon av PAH-total, kommer man opp i 49 prosent. I tillegg kommer naftalen. Tabell 3.32 viser utslippsfaktorer anbefalt brukt i SFTs retningslinjer for rapportering til Nordsjøavtalen. Tabellen er basert på et utenlandsk arbeid.

Det antas at det i hovedsak vil være acenaften og fluoren som vil slippes ut til luft fra kreosotbehandlede materialer (Aa 2000). Disse to forbindelsene er ikke med i NS3815, men i NS3058-3. De to PAH-forbindelsene er ikke nevnt i tabell 3.32, men i tabell 3.31.

Aktivitetsdata (import av kreosotolje, vare nr. 27.07.9100) kan innhentes fra utenrikshandelstatistikken til SSB. I 1998 ble det importert 1 776 tonn kreosotolje. Hvis man antar at alt dette brukes til impregnering og at avdampningen vil være f.eks. 1 prosent totalt de første 4 årene og seinere tilnærmet lik null, får vi et utslipp (NS9815) på ca. 18 tonn PAH i perioden. For enkelthets skyld kan det antas at all PAH slippes ut det året materialene er produsert.

**Tabell 3.31. Typisk innhold av PAH-forbindelser i MT-kreosotolje**

Navn	Prosent
Benzo(a)pyren	..
Benzo(b)fluoranten	<0,01
Benzo(k)fluoranten	<0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..
Fluoranten	6
Benzo(ghi)perylene	..
Fenantren	16
Antracen	5
Pyren	3
Benzo(a)fluoren	..
Benzo(b)fluoren	..
Benzo(a)antracen	..
Krysen/trifenylen	<1
Benzo(e)pyren	..
Dibenzo(ah)antracen	..
Dibenzo(ae)pyren	..
Dibenzo(ah)pyren	..
Dibenzo(ai)pyren	..
Acenaften	12
Fluoren	7
Acenaftylen	..
Naftalen	..

Kilde: Koppers Denmark A/S (2000).

**Tabell 3.32. Utslippsfaktorer for avdampning fra kreosot-behandlet tre. 10<sup>6</sup> kg/m<sup>2</sup>/år. Prosent i parentes**

Navn	Tre behandlet i	Nylig
	"gamle dager"	behandlet tre
	10 <sup>6</sup> kg/m <sup>2</sup> /år	10 <sup>6</sup> kg/m <sup>2</sup> /år
Benzo(a)pyren	0,74	0,74
Benzo(b)fluoranten	..	..
Benzo(k)fluoranten	0,15	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,016	0,016
Fluoranten	370	520
Benzo(ghi)perylene	..	..
Fenantren	1400	4800
Antracen	52	260
Pyren	..	..
Benzo(a)fluoren	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracen	11	70
Krysen/trifenylen	13	13
Benzo(e)pyren	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	..	..
Fluoren	..	..
Norsk standard 9815	1 847 (100,0)	5 664 (100,0)
Borneff (PAH-6)	371 (20,1)	521 (9,2)
LRTAP (PAH-4)	1 (0,1)	1 (0,0)

Kilde: SFT (2000a).

**Korrosjonshindrende maling på skip**

Behandling av skip og plattformer (bruk av korrosjonshindrende maling) kan være en kilde til PAH-utslipp. I Rypdal og Mykkelbost (upublisert) er det gjengitt utslippsfaktorer på  $7,5 \cdot 10^{-3}$  g/skip/år ved verft,  $1,9 \cdot 10^{-3}$  g/skip/år i havn og  $96 \cdot 10^{-3}$  g/skip/år i fart. Dette forutsetter behandling hvert tredje år. Utslippene blir små i forhold til utslipp fra andre kilder. Vi mangler PAH-profil for denne kilden og velger å se bort fra den i beregningene.

**Tabell 3.33. Utslipp av PAH fra bruk av fugemasse<sup>1</sup>. kg PAH/år**

Norsk standard 9815	125
Borneff (PAH-6)	3
LRTAP (PAH-4)	0,0

<sup>1</sup> Faktorene er egentlig for produksjon av asfalt.

**Impregnering av takpapp og fiskegarn**

PAH-holdige produkter brukes til impregnering av takpapp og fiskegarn. Utslippene er små på landsbasis (NILU/NIVA 1995). I Rypdal og Mykkelbost (upublisert) er det gjengitt utslippsfaktorer på 0,3 og 28 g/tonn impregneringsstoff for henholdsvis takpapp og fiskegarn. Utslipp fra denne kilden er ikke beregnet i forbindelse med dette arbeidet.

**Tjæreholdig fugemasse**

Det er tidligere anslått et utslipp av PAH på 125 kg/år fra bruk av tjæreholdig fugemasse (NILU/NIVA 1995). Denne fugemassen brukes spesielt på flyplasser. Vi mangler utslippsprofil for dette utslippet. I mangel av noe bedre antar vi at utslippet har samme PAH-profil som utslipp fra produksjon av asfalt (se tabell 3.33). Utslippet antas forholdsvis konstant for alle år.

**3.3.3.4. Produksjon av aluminium**

Utslippstall for alle aktuelle bedrifter er rapportert til Inkosys for de fleste år siden 1991. Utslippene som rapporteres er antatt å være i henhold til norsk standard (NS9815) for de siste par årene, men det er uklart hvordan utslippene for tidligere år er rapportert. For mange bedrifter viser tidsserien en tilsynelatende økning eller nedgang som antakelig skyldes endring i målemetode og ikke endring i reelt utslippsnivå. Utslipp for tidligere år er derfor beregnet ut fra rapporterte utslipp for 1998 og 1999. SFT antar at det kun er utslipp fra produksjon etter Søderbergmetoden<sup>5</sup>. Utslipp for tidligere år er derfor beregnet ut fra endring i produksjon av aluminium etter Søderbergmetoden. Rapporterte PAH-utslipp per produsert mengde aluminium (etter Søderbergmetoden) varierer fra 0,07 til 0,2 kg/tonn. To anlegg har høyere spesifikke utslipp enn de andre.

PAH-profilen er målt for tre anlegg (SFT 1999), tabell 3.34. Profilene inneholder PAH både i gass- og partikkelform. Profilene varierer relativt lite mellom anleggene. Profilene er brukt for alle år og alle anlegg. Ut fra tabellen regner vi 15 prosent av totale utslipp som PAH-5 og 30 prosent som PAH-6 for produksjon av aluminium. Til sammenligning er også profilen fra U.S.EPA vist. Denne bekrefter hvilke komponenter som er mest viktig. Data er også gitt for anodebaking (baking av Søderbergelektroder). Disse skal i prinsippet veies sammen med dataene for selve produksjonen. Siden utslippene fra bakingen er langt mindre betyr dette bidraget lite.

<sup>5</sup> U.S.EPA oppgir også faktorer for produksjon ved bruk av forbakte anoder; vi antar imidlertid at norske utslipp er godt kartlagt og har ikke vurdert denne informasjonen.

**Tabell 3.34. PAH-utslipp fordeling på komponent i tre anlegg som produserer aluminium etter Søderberg-metoden. Prosent**

Navn	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3	U.S.EPA
Benzo(a)pyren	3	6	2	1
Benzo(b)fluoranten	13 <sup>1</sup>	16 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>	2
Benzo(k)fluoranten	..	..	..	1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	3	1	1
Fluoranten	13	12	19	37
Benzo(ghi)perylene	2	5	1	1
Fenantren	37	20	32	39
Antracen	5	3	6	0
Pyren	10	9	14	18
Benzo(a)fluoren	1	1	2	..
Benzo(b)fluoren	1	1	2	..
Benzo(a)antracen	2	5	3	1
Krysen/trifenylen	4	9	5	3
Benzo(e)pyren	5	5	3	1
Dibenzo(ah)antracen	0	1	0	1
Dibenzo(ae)pyren	2 <sup>2</sup>	5 <sup>2</sup>	1 <sup>1</sup>	..

<sup>1</sup> Benzo(bjk)fluoranten. <sup>2</sup> Dibenzopyrener.

Kilde: SFT (1999).

Totale beregnede og rapporterte utslipp er vist i tabell 3.35

Siden Norge produserer mye aluminium er utslippene høye i nasjonal sammenheng. Nedgangen i utslipp på ca. 10 prosent skyldes lavere produksjon av aluminium etter Søderbergmetoden. Produksjon basert på forbakte anoder har økt. Brukes data fra Inkosys direkte får vi også en nedgang på 10 prosent, selv om dataene for enkeltbedrifter virker lite konsistente.

### 3.3.3.5. Anodebaking

Utslipp er rapportert fra ett anlegg som produserer forbakte anoder. Det finnes ingen direkte informasjon om fordeling på PAH-komponent. Dataene i tabell 3.36 er basert på målinger fra produksjon av Søderbergmasse (tre anlegg) og en profil for anodebaking fra U.S.EPA. Ut fra disse dataene antar vi at 25 prosent er PAH-6 og 5 prosent PAH-4.

**Tabell 3.35. Utslipp til luft av PAH fra bedrifter som produserer primær aluminium. Tonn**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Norsk standard 9815	57,4	57,5	57,6	57,5	57,3	57,1	59,1	59,3	59,2	52,0
Borneff (PAH-6)	17,2	17,2	17,2	17,2	17,1	17	17,65	17,71	17,7	15,5
LRTAP (PAH-4)	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,9	8,9	8,9	7,9

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 3.36. Utslippetsprofil for anodebaking. Tre norske anlegg og U.S.EPA. Prosent**

Navn	Anlegg 1	Anlegg 2	Anlegg 3		U.S.EPA
			Med filter	Uten filter	
Benzo(a)pyren	1	2	0	0	0
Benzo(b)fluoranten	5	8	0	1	3
Benzo(k)fluoranten <sup>1</sup>	..	..	..	..	1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0	0	0	0	1
Fluoranten	31	27	8	19	17
Benzo(ghi)perylene	0	0	0	0	3
Fenantren	29	15	78	36	67
Antracen	4	3	10	21	0
Pyren	15	22	4	12	4
Benzo(a)fluoren	2	4	0	2	..
Benzo(b)fluoren	3	7	0	1	..
Benzo(a)antracen	3	6	0	3	0
Krysen/trifenylen	3	5	0	4	3
Benzo(e)pyren	1	2	0	0	..
Dibenzo(ah)antracen	0	0	0	0	..

<sup>1</sup> Inkludert i benzo(b)fluoranten.

Kilde: SFT (1999).

Utslippstallene rapportert fra bedriften til SFT er redusert mye siden 1990. Dette skyldes tiltak for å redusere utslippene. Tidsserien er basert på data rapportert fra bedriften (se tabell 3.37).

Ett anlegg produserer anoder til produksjon av ferrolegeringer. I mangel av data er samme profil som for baking av aluminiumanoder brukt også her. Tidsserie basert på bedriftens rapportering til Inkosys er vist i tabell 3.38. Nedgangen i utslipp skyldes ifølge SFT bedre rensing av avgassene.

### 3.3.3.6. Produksjon av andre metaller

Kull og koks brukes som reduksjonsmidler ved produksjon av de fleste typer metaller. Dette er derfor mulige kilder til utslipp av PAH.

**Tabell 3.37. PAH-utslipp fra produksjon av forbakte anoder for produksjon av aluminium. Tonn**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Norsk standard 9815	4,6	4,6	1,5	2,5	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,2
Borneff (PAH-6)	1,2	1,2	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
LRTAP (PAH-4)	0,23	0,23	0,08	0,13	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,06

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 3.38. PAH-utslipp fra produksjon av anoder for produksjon av ferrolegeringer. Tonn**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PAH- total	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6
Borneff (PAH-6)	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
LRTAP (PAH-4)	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 3.39. PAH-utslipp fra produksjon av karbider. Tonn**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PAH- Total	2,1	2,1	2,1	2,3	2,5	2,5	2,3	2,3	2,3	2,0
Borneff (PAH-6)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
LRTAP (PAH-4)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

To ferrolegeringsanlegg rapporterer små utslipp til Inkosys. Næringen og SFT er blitt enige om utslippsfaktorer ved produksjon av silisium-metall og ferrosilisium (Benestad 2000). Disse legeringene produseres i åpne ovner. Andre ferrolegeringer produseres i lukkede ovner, og det er antatt at utslippene da er neglisjerbare. Samme utslippsfaktorer er brukt for hele perioden 1990- 1999. Notatet differensierer mellom normal drift og "dryss charging". Det er også ulike faktorer for ulike kvaliteter ferrosilisium. Faktorene for silisium-metall varierer fra 1,6-3 g/tonn produsert legering; vi har valgt å bruke en faktor på 3 g/tonn (normal drift). Faktorene for ferrosilisium varierer fra 1-2,6 g/tonn. Vi velger å bruke en faktor på 2 g/tonn. Vi antar at dette er snakk om PAH-total etter norsk standard. I mangel av bedre data brukes samme profil som for produksjon av aluminium.

Dette gir et utslipp av PAH-total på 1,3 tonn i 1999 og 1 tonn i 1991, altså ikke helt ubetydelig i nasjonal sammenheng.

### 3.3.3.7. Karbidproduksjon

Bedrifter som produserer silisiumkarbid rapporterer utslipp av PAH til SFT. To av bedriftene har rapportert konsistent tidsserie tilbake til 1991, for den tredje er historiske utslipp beregnet ut fra produksjonsnivå. Det finnes ingen informasjon om PAH-profiler for denne kilden. Den generelle profilen som gjelder produksjon av aluminium er derfor brukt. Dataene er vist i tabell 3.39. Utslippene i 1999 var omtrent som i 1990, etter en topp på midten av 90-tallet.

### 3.3.3.8. Annen industri

Det finnes ingen spesifikk informasjon, men det kan ikke utelukkes at det er mindre utslippskilder som ikke er kartlagt (Bjørnstad 1994).

### 3.3.3.9. Asfaltverk

Ifølge Vegdirektoratet produseres mesteparten av asfalten i Norge med "batch-metoden" (Haakonsen m.fl. 1998). I NILU/NIVA (1995) anslås utslippet av PAH til å være 15 mg/tonn. Dette omfatter imidlertid naftalen og andre forbindelser som ikke skal være med

**Tabell 3.40. Utslippsfaktorer for PAH fra asfaltverk<sup>1</sup>. mg PAH/tonn asfalt produsert**

Navn	NILU/NIVA (1995) og Jepsens miljøteknikk (1991)	U.S. EPA (1998b)
Benzo(a)pyren	..	..
Benzo(b)fluoranten	..	0,0
Benzo(k)fluoranten	..	0,0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	..
Fluoranten	0,07	0,2
Benzo(ghi)perylene	..	..
Fenantren	2,67	1,6
Antracen	..	0,2
Pyren	0,02	0,0
Benzo(a)fluoren	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracen	..	0,0
Krysen/trifenylen	..	0,0
Benzo(e)pyren	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Acenaften	2,3	0,6
Fluoren	2,2	1,0
<b>Totalt</b>	<b>15,0<sup>2</sup></b>	<b>..</b>
Norsk standard 9815 (PAH-16)	2,8	2,0
Borneff (PAH-6)	0,1	0,2
LRTAP (PAH-4)	0,0	0,0

<sup>1</sup> Beregnet ut fra en verdi på 15 mg PAH/tonn oppgitt i NILU/NIVA (1995) og spesieringsdata fra Jepsens miljøteknikk (1991).

<sup>2</sup> Omfatter også PAH-forbindelser som ikke er med i denne tabellen.

i vårt arbeid. Hvis man kombinerer faktoren på 15 mg PAH/tonn oppgitt i NILU/NIVA (1995) og spesieringsdata fra Jepsens miljøteknikk (1991) får man en utslippsfaktor på 2,8 mg/tonn for PAH-forbindelser inkludert i NS3815 (tabell 3.40). Dette stemmer svært godt med data fra U.S. EPA gjengitt i den samme tabellen der resultatet er en faktor på 2,0 mg/tonn. I begge analysene er det fenantren som dominerer blant PAH-forbindelsene som omfattes av NS9815. EEA (2000) gir ingen uavhengig informasjon om utslippsfaktorer da disse er hentet fra U.S. EPA.

NILU/NIVA (1995) oppgir at det i 1991 ble produsert 3,7 millioner tonn asfalt ved norske asfaltverk. Ved å bruke faktoren på 15 mg/tonn får man i underkant av 60 kg PAH, som stemmer med tallet Bjørnstad (1994) oppga som utslipp. Som nevnt vil dette omfatte mer enn de PAH-forbindelsene som vi er interessert i. Bruker man heller en faktor på 2,8 mg/tonn skulle det tilsa et årlig utslipp i størrelsesordenen 10 kg PAH (NS9815). Utslippstallet kan oppdateres årlig.

### 3.3.3.10. Legging av asfalt

Vi har ikke funnet informasjon om utslippsfaktorer knyttet til asfaltlegging. Dette bør framskaffes på et senere tidspunkt.

### 3.3.3.11. Slitasje av bildekk

I retningslinjene for rapportering i henhold til Nord-sjøavtalen er det oppgitt faktorer for PAH-6 (Borneff-6) fra slitasje av bildekk (SFT 2000a). De er:

Lastebiler: 0,035 kg PAH-6/tusen millioner km  
 Annen veitrafikk: 6 kg PAH-6/tusen millioner km

Det er ikke oppgitt om hele utslippet går til luft eller om noe blir liggende i veibanen/veikanten og noe går til vann. Vi antar at partikler som kommer fra denne kilden er små og derfor vil slippes ut til luft. Det er ikke angitt noen profil for dette utslippet. Vi velger derfor å benytte oss av PAH-profilen fra åpen brenning av bildekk (U.S. EPA 1998b). Kombinerer vi denne med tallene over vil vi få følgende tall for PAH-total (NS9815):

Lastebiler: 0,1 kg PAH/tusen millioner km  
 Annen veitrafikk: 10,4 kg PAH/tusen millioner km

Med et trafikkarbeid for persontransport i 1998 på 27 500 mill. km og 4 300 mill. km for godstransport gir dette et utslipp av total PAH på ca. 290 kg (NS 9815). Dette skulle igjen tilsa at hvert tonn gummi slitt gir et utslipp på noe under 50 g PAH-total.

### 3.3.3.12. Asfaltslitasje

Bindemidlet i asfalt (bitumen) er en blanding av et stort antall organiske forbindelser, også PAH-forbindelser. Bitumen inneholder også metaller som nikkell og vanadium (15-100 og 50-600 ppm) (Myran 1995). I Rypdal og Mykkelbost (upublisert) ble det brukt en utslippsfaktor på 0,45 mg PAH/km ut fra antakelsen at 40 prosent av trafikkarbeidet utføres i piggdekkseongen (NILU/NIVA 1995). 50 prosent av utslippet er regnet som utslipp til luft. Vi synes imidlertid det er mest riktig å kun regne med PM<sub>10</sub>-PAH i luftutslippsberegningene, dvs. kun ta med PAH bundet på partikler med størrelse mindre enn 10 µm.

PAH-innholdet i asfalt (eller bitumen) er usikkert og kan variere over tid (Bækken 1993). Her sies det at bitumen inneholder 6-66 ppm PAH (asfalt inneholder ca. 5 prosent bitumen). Dersom PAH er jevnt fordelt i alt støv, gir det en faktor på 0,3-3,3 mg PAH/kg veistøv. Larssen (1985) har angitt PAH-innholdet i støv fordelt på ulike fraksjoner, samt henholdsvis våt og tørr vei. PAH-innholdet i innhalerbart støv fra våt vei vil være 330 ppm og fra tørr vei 75 ppm. Utslippene til luft er størst fra tørr vei, og vi har derfor valgt en verdi på 85 ppm. Dette kan være lite representativt siden det kun er basert på målinger fra ett sted (Oslo) i 1985, men er den beste kilden vi har nå. Dette gir et årlig utslipp på omtrent 153 kg total PAH, noe som er lavere enn beregnet ut fra faktoren 0,45 mg total PAH/km. Disse faktorene er imidlertid utledet fra forskjellige forutsetninger. Siden vi nå har et relativt godt estimat for utslippet av veistøv (Bang m.fl. 1999), velger vi å beregne PAH-utslippet ut fra denne verdien. I tabell 3.41 er utslippsfaktoren på 85 g/tonn regnet om til å tilsvare PAH-forbindelser inkludert i NS9815. Da blir utslippsfaktoren ca. 62 g/tonn. Med et veistøvutslipp på 1 721 tonn PM<sub>10</sub> i 1998, ga dette 106 kg PAH. Utslippstallene for denne kilden er meget usikre.

Huse (1999) oppgir et større tall på årlig utslipp, 0,55 tonn per år siden 1990. Det er uklart hvilke PAHer som er med i dette arbeidet. Avviket kan derfor skyldes at vårt arbeid har en annen avgrensning med hensyn på valg av PAH-forbindelser enn Huses arbeid.

Tabell 3.41. PAH-profil for veistøv<sup>1</sup>

Navn	Prosent	g PAH/tonn veistøv
Benzo(a)pyren	..	..
Benzo(b)fluoranten	6	5,5
Benzo(k)fluoranten	..	..
Indeno(1,2,3-cd)pyren	..	..
Fluoranten	19	16,5
Benzo(ghi)perylene	3	2,7
Fenantren	16	13,7
Antracen	..	..
Pyren	23	19,2
Benzo(a)fluoren	..	..
Benzo(b)fluoren	..	..
Benzo(a)antracen	..	..
Krysen/trifenylen	5	4,1
Benzo(e)pyren	..	..
Dibenzo(ah)antracen	..	..
Dibenzo(ae)pyren	..	..
Dibenzo(ah)pyren	..	..
Dibenzo(ai)pyren	..	..
Reten <sup>2</sup>	16	13,7
Norsk standard 9815	72,6	61,7
Borneff (PAH-6)	29,0	24,7
LRTAP (PAH-4)	6,5	5,5

<sup>1</sup> Tørr veibane.

<sup>2</sup> Denne PAH-forbindelsen er ikke omfattet av verken Norsk standard, PAH-4 eller PAH-6.

Kilde: Larssen (1985).



### 3.4. Resultater

#### 3.4.1. PAH-total

Norge hadde i 1999 et utslipp på 148,5 tonn PAH-total. Av dette kom 42 prosent fra stasjonær forbrenning, 51 prosent fra prosessutslipp og 7 prosent fra mobil forbrenning, figur 3.2. Utslippene er redusert med 6 prosent siden 1990 og 4 prosent siden 1995, figur 3.3.

##### 3.4.1.1. Stasjonær forbrenning

37 prosent av utslippet av PAH-total i 1999 kom fra vedfyring. Utslipp fra vedfyring har økt med 10 prosent fra 1990 til 1999, men vil i framtiden gå ned med økt bruk av moderne ovner. Forbrenning av treavfall og avlut er viktige kilder til utslipp av PAH-total, men samlet sett bidrar forbrenning i industrien og olje- og gassvirksomhet lite til det samlede utslippet. 10 prosent av utslippet fra stasjonære forbrenningskilder kom fra mindre utslippsskilder. Årsaken til dette er særlig halmbrenning, usikkerheten rundt disse tallene er imidlertid svært høy. Omfanget av halmbrenning har trolig gått ned de siste årene og ført til en relativt stor reduksjon i utslippene.

##### 3.4.1.2. Prosessutslipp

35 prosent av prosessutslippene i 1999 kom fra produksjon av aluminium. Til tross for økt produksjon av aluminium er utslippene blitt redusert med 9,5 prosent fra 1990 til 1999. Dette skyldes prosessomlegginger fra bruk av Søderberganoder til forbakke anoder. Utslipp fra karbidproduksjon har holdt seg relativt konstant og hadde et utslipp på 2 tonn i 1999. Til sammenligning var det et utslipp fra kreosotbehandlede materialer på omlag 18 tonn. Dette tilsvarer 11 prosent av alt utslippet av PAH-total. Data på utslipp fra denne kilden er imidlertid svært usikre.

##### 3.4.1.3. Mobil forbrenning

Utslipp fra mobil forbrenning har holdt seg relativt konstant siden 1990. Utslipp fra veitrafikk utgjør det største bidraget, hele 67,5 prosent i 1999. På grunn av strengere avgasskrav til blant annet partikler og VOC er utslippet blitt redusert til tross for økt trafikkvolum. 76 prosent av utslippet fra veitrafikk kom fra dieselskjøretøyer. Skip og båter bidro med 22 prosent av utslippet fra mobil forbrenning. Dette tilsvarer 1,5 prosent av det samlede utslippet av PAH-total.

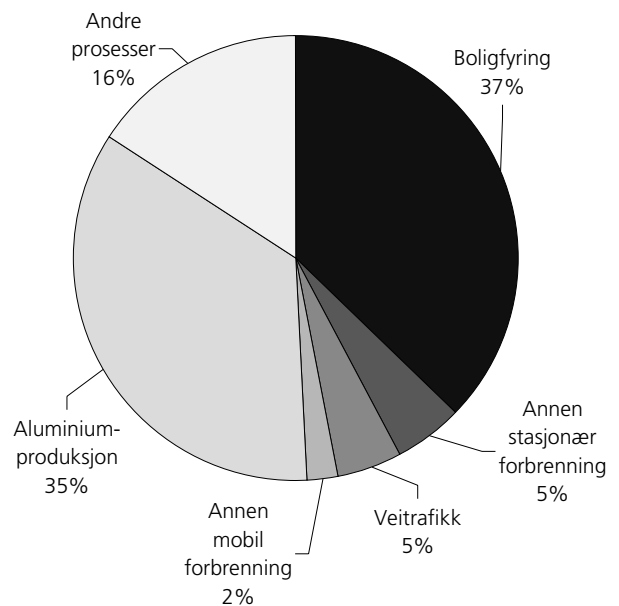
#### 3.4.2. PAH-6

Det totale utslippet av PAH-6 var i 1999 på 35,8 tonn. 53 prosent av utslippet kom fra prosesser, 36 prosent fra stasjonær forbrenning, og 11 prosent fra mobil forbrenning, figur 3.4. Fra 1990 til 1999 er utslippet redusert med 13 prosent, figur 3.5.

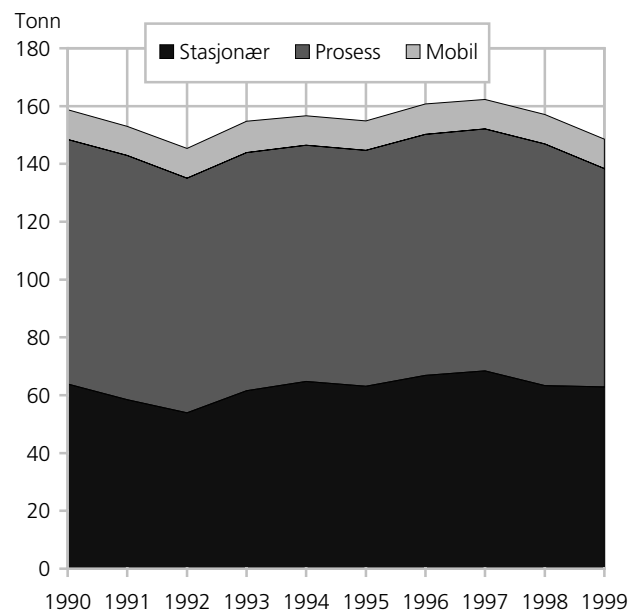
##### 3.4.2.1. Stasjonær forbrenning

Som for de andre PAHene er det vedfyring som bidrar mest til utslippet fra stasjonær forbrenning. 27 prosent av det totale utslippet i 1999 kom fra vedfyring. Fra 1990 til 1999 har utslipp fra vedfyring økt med 9

Figur 3.2. Utslipp til luft etter kilde av PAH-total. 1999



Figur 3.3. Utslipp til luft av PAH-total. 1990-1999

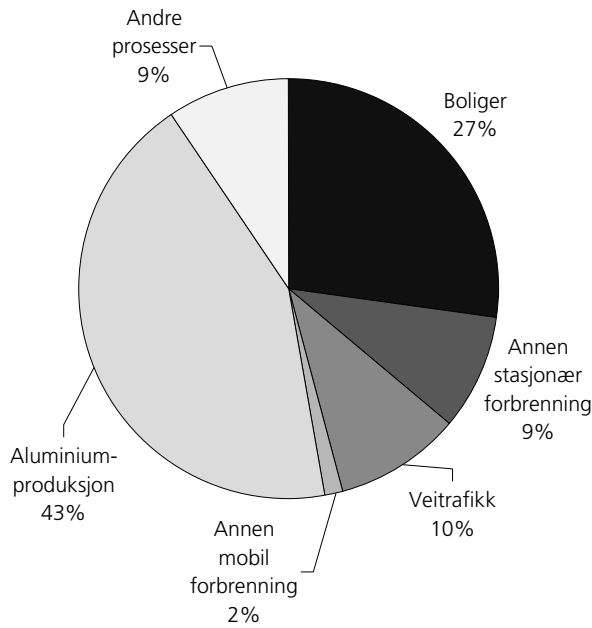


prosent. Utslipp fra forbrenning i industri og olje- og gassvirksomhet var under 1 prosent av det totale utslippet.

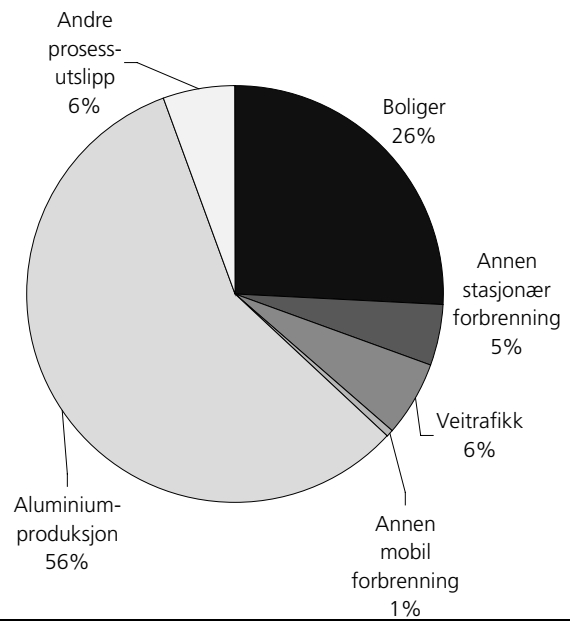
##### 3.4.2.2. Prosessutslipp

43 prosent av alt utslipp i 1999 kom fra produksjon av aluminium. Det har vært en nedgang på 15 prosent i utslippet fra aluminiumsproduksjonen fra 1990 til 1999. Allikevel kom 82 prosent av alt prosessutslipp fra denne virksomheten. Til sammenligning kom 9 prosent fra kreosotbehandlede materialer og 3 prosent fra karbidproduksjonen.

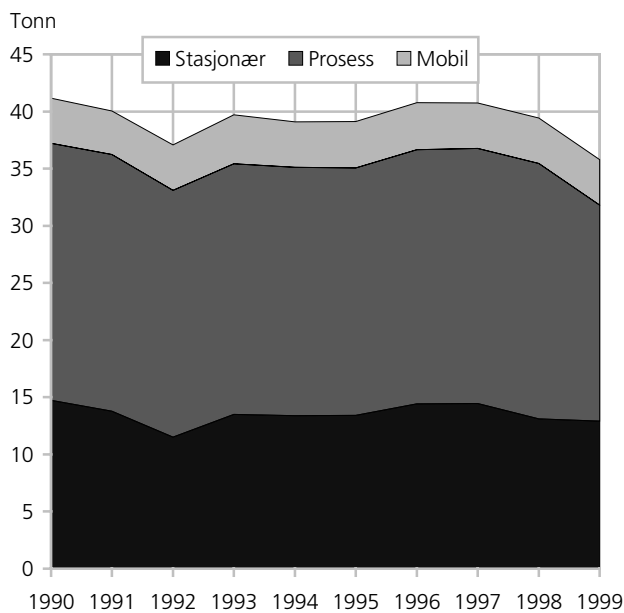
Figur 3.4. Utslipp til luft etter kilde av PAH-6. 1999



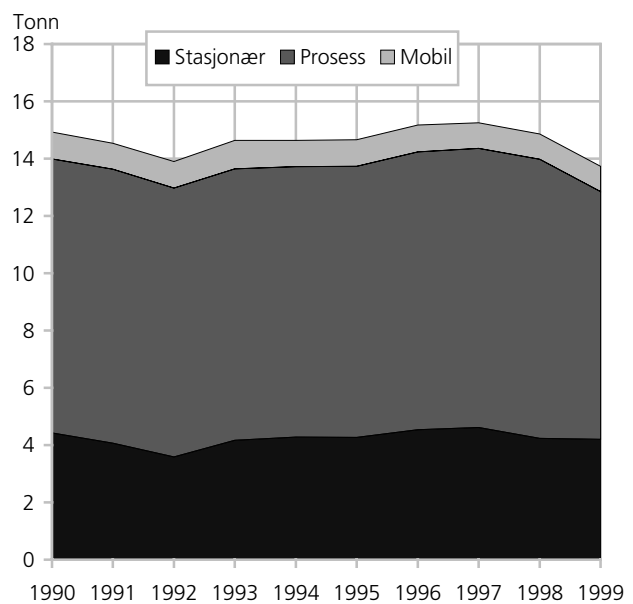
Figur 3.6. Utslipp til luft etter kilde av PAH-4. 1999



Figur 3.5. Utslipp til luft av PAH-6. 1990-1999



Figur 3.7. Utslipp til luft av PAH-4. 1990-1999



3.4.2.3. Mobil forbrenning

Det totale utslippet fra mobil forbrenning var i 1999 på 4,0 tonn PAH-6. Dette tallet har holdt seg relativt konstant siden 1990. Som for de andre PAHene er det utslipp fra veitrafikk, og da særlig fra dieselmotorer, som bidrar mest. 10 prosent av det totale utslippet av PAH-6 kom fra veitrafikk i 1999, og utgjør 86 prosent av alt utslipp fra mobil forbrenning.

3.4.3. PAH-4

Utslippet av PAH-4 var i 1999 på 13,7 tonn. Dette er en nedgang på 8 prosent fra 1990, figur 3.7. Av dette kom 63 prosent fra prosessutslipp, 31 prosent fra stasjonær forbrenning og 6 prosent fra mobil forbrenning, figur 3.6.

3.4.3.1. Stasjonær forbrenning

Utslipp fra vedfyring har økt med 10 prosent, og i 1999 kom 26 prosent av det totale PAH-4 utslippet fra denne kilden. Til sammenligning kom under 1 prosent av den stasjonære forbrenningen fra industrien. Andre forbrenningskilder, herunder halmbrenning, bidro med 14 prosent av utslippet fra stasjonær forbrenning. Omfanget av halmbrenning har som tidligere nevnt gått ned og ført til en halvering av utslippet fra 1990 til 1999.

3.4.3.2. Prosessutslipp

Som for PAH-total er det utslipp fra aluminiumsindustrien som bidrar mest til utslipp av PAH-4.

57,5 prosent av utslippet i 1999 kom herfra. På grunn av prosessomlegginger er utslippene blitt redusert med nesten 9 prosent fra 1990 til 1999, til tross for økt produksjon av aluminium. Karbidproduksjonen bidrar kun med 3,5 prosent av utslippet fra prosessvirksomhet, mens utslipp fra kreosotbehandlede materialer er tilnærmet null.

#### 3.4.3.3. Mobil forbrenning

Utslipp fra mobil forbrenning er redusert med 7 prosent til tross for økt trafikkvolum. Veitrafikk bidro med 6 prosent av det totale utslippet og skyldes, som for PAH-total, særlig bruk av diesel.

### 3.5. Svakheter i datagrunnlaget/videre arbeid

Det er generelt knyttet stor usikkerhet til utslipp av PAH. Usikkerheten er høyere enn for andre komponenter i utslippsregnskapet, med unntak av klimagassen lystgass. Det er flere grunner til at usikkerhet er høy. Den viktigste er at det finnes lite informasjon om utslippsfaktorer, og av det som finnes i internasjonal litteratur er det uklart både om det faktisk er anvendbart på norske forhold og hvilke komponenter som er målt. Videre er det ikke sikkert at alle utslippskilder er kjent eller tilstrekkelig kartlagt. Bedriftenes egenrapportering av utslipp til SFT er forbedret de senere årene. Imidlertid er utslippene i basisåret 1990 i dette arbeidet stort sett basert på beregninger ut fra rapporterte data for senere år. Utslippene i 1990 er dermed mer usikre enn for 1998 og 1999.

Flere av disse forholdene kan rettes opp. Det er altså et potensiale for å forbedre utslippstallene og redusere usikkerheten på sikt.

De viktigste forbedringsmulighetene er:

- Vurdere hva ulike rensetiltak betyr for utslippene og utviklingen av disse
- Vurdere utslipp og profil fra vedfyring i industri og husholdningene
- Vurdere utslipp og profil fra forbrenning av avlut i industrien
- Vurdere utslipp og profil fra avfallsforbrenning
- Utslipp fra veistøv (dekk og asfaltslitasje) bør kartlegges bedre
- Vurdere utslipp fra legging av asfalt
- Utvikle bedre metoder for å beregne historiske utslipp fra bedrifter
- Følge med på internasjonal litteratur og oppdatere utslippsfaktorer når ny informasjon foreligger (gjelder særlig veitrafikk)
- Legge til utslipp fra nye utslippskilder når informasjon foreligger

Det er en del generelle usikkerheter knyttet til utslippsfaktorene for PAH:

- Ulike PAHer er målt ved mange av analysene. Det framgår ikke alltid om en PAH er null i en analyse eller om den ikke er målt. Sannsynligvis betyr manglende verdi i tabellene til U.S.EPA at forbindelsen ikke er målt.
- Ingen overordnet norsk standard som sier hvilke PAHer som skal måles i Norge. Ulike forbindelser er omfattet av standardene for vedfyring og aluminiumsindustrien.
- PAH-utslipp er svært avhengige av f.eks. forbrennings- og testbetingelser. Dette ser man ved at resultater fra ulike tester for samme utslippskilde kan variere med flere størrelsesordner. Ideelt sett burde mange utslippskilder testes ved typisk norsk bruk. Siden det foreligger få testresultater fra Norge, vil dessverre de fleste utslippsfaktorene vi anbefaler være basert på utenlandske analyser og testbetingelser.

## 4. Utslipp av bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg)

### 4.1. Skadevirkninger

Bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) bioakkumuleres i fisk og pattedyr og har lang biologisk halveringstid (SFT 2000b).

Tungmetallene gir kroniske giftvirkninger hos mange organismer, selv i små konsentrasjoner. Hos pattedyr og mennesker kan kronisk blyforgiftning ha nevrotoksiske, immunologiske og kreftfremkallende virkninger. Kadmium hopper opp i nyrene og kan gi kroniske nyreskader, og de fleste kadmiumforbindelser er kreftfremkallende. Kvikksølv kan også medføre nyreskader i tillegg til motoriske og mentale forstyrrelser som følge av skader på sentralnervesystemet (SFT 2000b).

### 4.2. Datagrunnlag

Litteraturgjennomgangen er hovedsakelig basert på Mykkelbost og Rypdal (upublisert), supplert med opplysninger fra EEA (2000), U.S. EPA (1993, 1997 og 1998a) og DMU (1999). Det finnes også informasjon publisert av SFT når det gjelder utslipp fra bruk av produkter, men for de aktuelle metallene her er det i disse rapportene mest informasjon om utslipp til vann. Utslipp til luft av bly og kadmium stammer bare fra energibruk og industriprosesser - det er ikke kjente utslippskilder knyttet til bruk i produkter. For kvikksølv er det noen kilder knyttet til produktbruk.

Utslipp fra bruk av oljeprodukter er avhengig av metallinnholdet i produktene og rensegrad for partikler og kvikksølv<sup>6</sup>. Metallinnholdet i oljeproduktene er igjen avhengig av metallinnholdet i råoljen de stammer fra. Dette metallinnholdet vil variere mye mellom oljetyper. Det kan derfor være galt å bruke generelle litteraturdata for Norge fordi Nordsjøolje er forventet å kunne ha et annet (ofte lavere) metallinnhold enn andre råoljetyper (Olsen 1996). Selv om metallinnholdet i norsk råolje er analysert, finnes det ikke data for oljeproduktene. Inntil det gjennomføres egne målinger for Norge må vi altså basere oss på

litteraturdata. Dette kan bety at utslippene av tungmetaller fra forbrenning blir noe overestimert.

Data på utslipp fra store industribedrifter er levert av SFT basert på bedriftenes egenrapportering av utslipp. Dataene er basert på uttak fra Inkosys per september 2000, men det er tatt hensyn til rettelsener til og med desember 2000. Bedriftenes egenrapportering av miljøgifter er vesentlig forbedret de senere årene. Ofte finnes ikke data for årene før 1998. Dersom bedriften har vært i drift før dette er utslipp for tidligere år beregnet ut fra endringer i produksjon, renseteknologi, rapporterte støvutslipp eller holdt konstant.

#### 4.2.1. Utslipp fra stasjonær forbrenning

Utslippene er avhengige av metallinnholdet i energivarene og eventuell rensing av utslippene. Det antas at kun utslipp fra industrien renses. I de tilfellene hvor bedrifter har rapportert forbrenningsutslipp av tungmetaller i egenrapporteringen til SFT, brukes disse istedenfor beregnede verdier. De fleste bedriftene som rapporterer forbrenningsutslipp av tungmetaller brenner avfall, spillolje eller annet spesialavfall.

For andre industribedrifter foreligger ingen samlet informasjon om rensing av utslippene, så vi bruker de generelle utslippsfaktorene, selv om vi vet at disse vil overestimere utslippene.

##### 4.2.1.1. Kull og koks

Kull og koks brukes bare i begrenset grad til forbrenning i Norge<sup>7</sup>. Det er derfor ikke nødvendig å legge mye arbeid i valg av faktor. Tabell 4.1 viser utslippsfaktorer for kull hentet fra ulike kilder.

Vi velger her å benytte utslippsfaktorene fra EEA (2000) med egne faktorer for fyring i småovner i husholdninger. Vi har ikke funnet utslippsfaktorer for tungmetaller ved forbrenning av koks og petrolekoks. Vi benytter derfor de samme faktorene som for kull, noe som trolig kan gi en overestimert av utslippene.

<sup>6</sup> Kvikksølv slippes ut i gassform, mens andre metaller slippes ut bundet til partikler.

<sup>7</sup> For bruk av kull og koks som reduksjonsmidler regner vi med at utslippene fanges opp gjennom bedriftenes egenrapportering.

**Tabell 4.1. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av kull. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	0,2	0,3 <sup>1</sup>	..
EEA/EMEP	0,2/2,5 <sup>2</sup>	0,003/0,15 <sup>2</sup>	0,05/0,3 <sup>2</sup>
U.S. EPA	6,0 <sup>3</sup> /0,2 <sup>4</sup> /10,0 <sup>5</sup>	0,8 <sup>6</sup> /0,2 <sup>4</sup>	0,2 <sup>6</sup>
PARCOM-ATMOS	0,2 <sup>7</sup> /2,0 <sup>8</sup>	0,002 <sup>7</sup> /0,07 <sup>8</sup>	0,25 <sup>7</sup> /0,18 <sup>8</sup>
Valgt faktor	0,2/2,5 <sup>2</sup>	0,003/0,15 <sup>2</sup>	0,05/0,3 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> 0,2 i jordbruk, husholdninger og celluloseproduksjon. <sup>2</sup> I husholdninger  
<sup>3</sup> Bituminøst kull i industri- og energisektorene; uten rensing. <sup>4</sup> Bituminøst kull i industri- og energisektorene; med rensing. <sup>5</sup> Bituminøst kull i husholdninger; uten rensing. <sup>6</sup> Bituminøst kull; uten rensing. <sup>7</sup> Faktorer for Nederland.  
<sup>8</sup> Faktorer for Tyskland.

Forbruk av kull, koks og petrolkoks, unntatt til husholdninger, var i 1999 ca. 236 ktonn. Merk at en del bedrifter som forbrenner mye kull og koks også forbrenner spillolje og/eller har rapportert prosessutslipp. Deler av utslippene fra forbrenning industrien er derfor ført som prosessutslipp eller fra forbrenning av spillolje. Husholdningene brukte 4 ktonn kull og koks, noe som gir 10 kg bly, 0,6 kg kadmium og 1,2 kg kvikksølv sluppet ut til luft.

#### 4.2.1.2. Ved og treavfall

Siden utslipp av tungmetaller for en stor grad er avhengig av tungmetallinnhold i brenselet, vil utslippsfaktorene kunne variere fra land til land avhengig av hva som er vanlige tresorter å bruke til ved og lignende biobrensler. Vi vil behandle ved og treavfall under ett i denne framstillingen.

Det har generelt vært vanskelig å finne data for de aktuelle metallene i litteraturen. Metaller fra vedfyring bidrar lite til totale utslipp i mange land og er derfor utelatt i flere oversikter (f.eks. EEA 2000). I Norge brennes det imidlertid betydelige mengder ved i husholdningene og utslippene vil derfor være viktigere hos oss. Ifølge tall fra SSB/SFTs utslippsmodell publisert 6.1.2000 (dvs. før dette prosjektet) bidro vedfyring i husholdningene til 24 prosent av Norges kadmiumutslipp i 1997.

Utslipp av kadmium er først og fremst avhengig av kadmiuminnholdet i brenselet og ikke av teknologi slik f.eks. partikkelutslippet er. Faktoren som brukes i SSB/SFTs utslippsmodell (0,1 g/tonn) stammer fra Pacyna (1994). Denne faktoren er nesten 10 ganger så stor som faktoren til U.S. EPA (1995). Den danske rapporten (DMU 1999) anbefaler også en faktor på 0,1, men dette gjelder egentlig for tre i kraft- og fjernvarmeanlegg samt fyringsanlegg. PARCOM-ATMOS (1992) oppgir at faktoren er mindre enn 0,1 g/tonn. Vi anbefaler å fortsatt bruke en faktor på 0,1 g/tonn.

For kvikksølv oppgir PARCOM-ATMOS (1992) at utslippene ligger i intervallet 0-0,2 g/tonn. Midt i dette intervallet ligger den danske faktoren på 0,1 g/tonn. Vi

**Tabell 4.2. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av ved. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	..	0,1	..
Danmark	0,06 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>	0,1 <sup>1</sup>
EEA/EMEP	..	..	..
U.S. EPA	..	0,011 (0,036 <sup>2</sup> )	..
Norsk bedrift	0,01	..	0,01
PARCOM-ATMOS	<0,05	<0,1	0-0,2
Valgt faktor	0,05	0,1	0,1

<sup>1</sup> Gjelder egentlig forbrenning av tre i kraft- og fjernvarmeanlegg samt fyringsanlegg.

<sup>2</sup> Annen faktor presentert i U.S. EPA (1993).

velger å anbefale denne faktoren brukt også i Norge. For bly velger vi også å anbefale å bruke PARCOM-ATMOSs faktor på 0,05 g/tonn. Den danske rapporten oppgir her 0,06 g/tonn.

Basert på en måling ved en bedrift i Norge som har et forbrenningsanlegg for biobrensel framkommer det en utslippsfaktor på 0,01 g/tonn for både bly og kvikksølv. Kadmiumutslippet ble ikke målt. Denne bedriften har moderne forbrenningsteknologi, og trolig lavere utslipp enn gjennomsnittet.

Tabell 4.2 viser anbefalte faktorer. Med disse faktorene kan utslippet fra vedfyring (inkludert avlut) i 1999 beregnes til 181 kg bly, 361 kg kadmium og 361 kg kvikksølv. Spredningen i dataene er stor. Metallinnholdet er antakelig avhengig av type ved og lokalisering og veksttakt for treet den stammer fra.

#### 4.2.1.3. Naturgass

Forbrenning av gass antas å føre til kun neglisjerbare utslipp av bly og kadmium. Når det gjelder kvikksølv, opplyser SFT at analyser gjort av gass ved et prosessanlegg i Norge viste at denne gassen ga et gjennomsnittlig kvikksølvutslipp på ca. 0,0012 g Hg/tonn naturgass. Usikkerheten i disse målingene er anslått til ca. 50 prosent. OLF (1991) oppgir utslippsfaktoren for kvikksølv til å være 0,015 kg/TWh eller ca. 0,0002 g/tonn (gitt omregningsfaktorene 40,8 TJ/mill. Sm<sup>3</sup> og 0,85 ktonn/mill. Sm<sup>3</sup>), altså ca. 6 ganger lavere enn Statoils faktor.

Tabell 4.3 viser ulike faktorer for utslipp fra forbrenning av naturgass. Vi har valgt å bruke OLFs faktorer for bly og kadmium i dette arbeidet, mens vi bruker faktoren fra Statoil for kvikksølv. Med et naturgassforbruk i Norge på 3 124 ktonn i 1999 (inkludert offshore-aktivitet), gir dette et utslipp på 7 kg kadmium, 1 kg bly og 4 kg kvikksølv dette året. Sammenlignet med de nasjonale totalene for disse komponentene er utslippene små. Tabell 4.4 viser de valgte faktorene omregnet til g/kSm<sup>3</sup>.

**Tabell 4.3. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av naturgass. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	..	-	..
OLF (1991)	0,0003	0,002	0,0002
EEA/EMEP	..	0 / 0,0005 / 0,007 <sup>1</sup>	..
U.S.EPA	..	..	..
Statoil	..	..	0,0012 <sup>2</sup>
Valgt faktor	0,0003	0,002	0,0012

<sup>1</sup> Egentlig faktor for forbrenning av gass ved oljeraffinerier. Varierer med hva slags forbrenning det er snakk om, fra 0 for forbrenning med lav-NO<sub>x</sub>-brenner og i reformeren via 0,0005 g/tonn i "single stage process heater" til 0,007 g/tonn i "process heater with air preheater".

<sup>2</sup> Egentlig faktor for industriell forbrenning av gass ved et av Statoils anlegg.

**Tabell 4.4. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av naturgass. g/kSm<sup>3</sup> energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
Valgt faktor	0,0003	0,0017	0,0010

Kilder: Statoil og OLF.

**Tabell 4.5. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av parafin. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	0,12	0,0	..
Danmark	..	..	..
EEA/EMEP	..	..	..
U.S.EPA	..	..	..
PARCOM-ATMOS	..	..	..
Valgt faktor	0,07	0,01	0,03

#### 4.2.1.4. Parafin

Parafin brukes i industrien og husholdningene. Det er forventet at innholdet av tungmetaller er relativt lavt. Vi har ikke funnet utslippsfaktorer for tungmetaller for fyring med parafin. Hvis vi benytter samme faktorer som for utslipp fra mobil forbrenning av diesel, vil dette gi en overestimert av utslippsfaktorene, siden fyringsparafin er et renere produkt. Vi velger derfor å benytte gjennomsnittsverdien av de valgte faktorene for utslipp fra bilbensin (uten blytilsetning) og auto-diesel.

Forbruket av fyringsparafin var i 1999 på 150 ktonn. Dette gir et utslipp på 10 kg bly, 1,5 kg kadmium og 4 kg kvikksølv.

#### 4.2.1.5. Lett fyringsolje og spesialdestillat

I PARCOM-ATMOS (1992) antas det at alt metall i flytende brensel slippes ut. Utslippsfaktorene er dermed bestemt av innholdet av de ulike metallene i brennstoffet. Vi har ikke data på innholdet av tungmetaller i fyringsolje og spesialdestillat i Norge. Prøve-målinger av bly, kadmium og kvikksølv viste at innholdet er lavere enn 0,1 mg/l, dvs. 0,13 g/tonn (pers. meddelelse Øyvind Sundberg, Esso).

Vi antar derfor at vi har liknende forhold som Danmark og benytter de samme faktorene som DMU (1999).

**Tabell 4.6. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av lett fyringsolje og spesialdestillat. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	0,12	0,007 <sup>1</sup>	..
Danmark <sup>2</sup>	0,1	0,01	0,05
EEA/EMEP	..	..	..
U.S.EPA	4,1	0,2	0,12
PARCOM-ATMOS	0,2 <sup>3</sup>	0,05 <sup>3</sup>	..
Valgt faktor	0,1	0,01	0,05

<sup>1</sup> 0,01 for tungdestillat.

<sup>2</sup> Har også vurdert utslippene etter elektrofiler og avsvovling.

<sup>3</sup> Faktorer for Nederland.

**Tabell 4.7. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av tungolje. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	1	0,02	..
Danmark <sup>1</sup>	1	0,6	0,2
EEA/EMEP	0,6 – 1,3	0,1 – 1	0,15 – 0,2
U.S.EPA	0,2 <sup>2</sup>	0,3	0,009
PARCOM-ATMOS	1,3 <sup>3</sup>	1,0 <sup>3</sup>	..
Valgt faktor	1	0,1	0,2

<sup>1</sup> Har også vurdert utslippene etter elektrofiler og avsvovling.

<sup>2</sup> Fyring i kjele i industrien, uten utslippskontroll.

<sup>3</sup> For land med liknende sammensetning av tungolje som i Nederland.

Dette er samme faktorer som for forbrenning av marin gassolje gitt i EEAs veiledning (EEA 1999).

Det ble i 1999 bruk 696 ktonn lett fyringsolje og 264 ktonn spesialdestillater. Dette gir da et utslipp på 91 kg bly, 9 kg kadmium og 45 kg kvikksølv.

#### 4.2.1.6. Tungolje

Hvis en antar at alt metall slippes ut til luft ved forbrenning av flytende brensel (PARCOM-ATMOS 1992), er utslippsfaktorene gitt av innholdet av tungmetaller i tungoljen. Vi har imidlertid ikke data på tungmetallinnholdet i norsk olje. Som DMU (1999) velger vi derfor å benytte middelveiene gitt av EEA (2000). For kadmium er det vist at kadmiuminnholdet i norsk råolje (Nordsjøolje) er lavt. Vi velger derfor å bruke en faktor i nedre del i intervallet. Tungolje brukes også i stor grad i bedrifter med krav til partikkelrensing, noe som tilsier at en lavere faktor burde vært brukt for denne type industribedrifter.

Forbruket av tungolje var i 1999 på ca. 300 ktonn (inkluderer 12 ktonn i innenriks sjøtransport), noe som gir et utslipp på 300 kg bly, 30 kg kadmium og 60 kg kvikksølv.

#### 4.2.1.7. Spesialavfall

Spesialavfall kan inneholde en del tungmetaller. Det er foretatt målinger av tungmetaller i norsk spillolje. Data fra NSO (Norsk spesialolje) samlet inn av Rypdal og Mykkelbost (upublisert notat) er vist sammen med litteratordata i tabell 4.8.

**Tabell 4.8. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av spillolje. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	1	0,045	..
NSO	270	..	..
Danmark	..	..	..
EEA/EMEP	..	..	..
U.S.EPA	205 <sup>1</sup>	..	..
PARCOM-ATMOS	800	3	..

<sup>1</sup> Industriell fyrkjele uten utslippskontroll.

En del bedrifter som brenner spillolje rapporterer utslipp til SFT, men dette gjelder ikke alle, og ikke alle rapporterer utslipp av alle de relevante tungmetallene. Bedrifter som har anledning til å brenne spillolje har ifølge SFT egen utslippstillatelse. Det stilles krav til kvaliteten på denne oljen, og også utslippene. Det er derfor ikke korrekt å bare anvende gjennomsnittlige utslippsfaktorer for spillolje i de tilfellene hvor bedriftenes rapportering er mangelfull. Vi velger derfor å beregne utslippsfaktorer ut fra de bedriftene som har rapportert.

Ifølge Norsas er det et økende antall bedrifter som brenner spesialavfall. I 1998 og 1999 var det henholdsvis 18 og 20. 11 av disse har rapportert utslipp av tungmetaller til SFT<sup>8</sup>. Fire av disse igjen har rapportert prosessutslipp av tungmetaller (to sementbedrifter og en aluminiumsbedrift). Det antas at utslipp fra forbrenning av spillolje er inkludert i de rapporterte prosessutslippene.

Bedriftene rapporterer ikke utslipp av kvikksølv. Vi foreslår at utslipp av kvikksølv beregnes med samme utslippsfaktor som er valgt for tungolje.

Tre bedrifter rapporterer utslipp fra spesielle typer spesialavfall (pyrolyseolje, trafo-olje og annet spesialavfall). For disse er utslippstallene brukt direkte, og de er holdt utenfor sammenligningen under.

For 5 bedrifter har vi kunnet avlede utslippsfaktorer basert på rapporterte utslipp og mengde spillolje forbrent i 1999. Faktoren for kadmium varierer fra 0,03-1,1 g/tonn. Ut fra dette foreslår vi å bruke en faktor på 0,6 g/tonn som utslippsfaktor for bedriftene som ikke har rapportert. Tilsvarende for bly, avledede faktorer varierer fra 5,9-22 g/tonn. Vi velger å bruke en faktor på 14 g/tonn som utslippsfaktor for bedrifter som brenner spillolje, men som ikke har rapportert utslipp til SFT.

Utslipp av bly fra forbrenning av spesialavfall er relativt høye i nasjonal sammenheng (183 kg bly i 1999). Merk at noe utslipp fra forbrenning av spesialavfall kan være ført under andre energivarer eller prosessutslipp fordi bedriftene rapporterer samlet.

<sup>8</sup> En bedrift har rapportert utslipp, men foreligger ikke i statistikken til Norsas. En rapportering var en feilrapportering.

4.2.1.8. *Avfallsforbrenning: Kommunalt avfall*  
Utslippsestimatene er basert på bedriftenes egenrapporter til SFT. Før 1999 ble utslippene av bly rapportert sammen med en del andre tungmetaller. Rapporterte utslipp fra anleggene varierer svært mye fra år til år (av og til mer enn en faktor 10). Dette skyldes at årlige utslipp er beregnet ut fra enkeltmålinger som ikke nødvendigvis er helt representative med hensyn på avfalls sammensetning og driftsforhold. Vi har derfor valgt å basere oss på gjennomsnittlige årlige utslipp avledet fra andelen bly av relevante tungmetaller for 1999. Vi har beregnet gjennomsnittsutslipp i forhold til mengde avfall forbrent i 1999 for hvert anlegg. For kadmium varierer den avledede faktoren fra 7-366 mg/tonn, for kvikksølv fra 2-384 mg/tonn og for bly fra 18-9000 mg/tonn. Dette indikerer usikkerheten i dataene. Imidlertid finner vi stort sett de høyeste verdiene for noen av de minste anleggene, som sannsynligvis har høyeste utslipp i forhold i mengde avfall forbrent. Selv om data for individuelle anlegg er svært usikre (indikert ved stor spredning mellom år og ulike anlegg), vil usikkerheten være lavere for nasjonale tall siden noen feil trolig vil kansellere hverandre.

Før 1995 er rapporteringene mangelfulle. Alle anleggene fikk skjerpet utslippskravene for partikler fra og med 1995. Endringen var fra 100 til 30 mg/Nm<sup>3</sup>. Det er antatt at utslippene av kadmium og bly ble redusert tilsvarende (men korrigert for kapasitetsøkning). Utslipp av kvikksølv ble regulert fra 0,1 mg/Nm<sup>3</sup> til 0,05 mg/Nm<sup>3</sup> for de store anleggene fra 1994/95. Det er antatt at utslippene før 1995 var dobbelt så store som etter 1995, men det er korrigert for kapasitetsøkning. Den beregnede tidsserien er vist i tabell 4.9.

Antakelsene ovenfor gjør at utslippene av bly og kadmium reduseres med 50-60 prosent fra 1990 til 1999, mens utslippene av kvikksølv blir redusert med 46 prosent samme periode.

Ifølge Bjørnstad (1994) ble det i 1992 sluppet ut 61 kg kvikksølv fra store anlegg og 20 kg fra små anlegg. Det foreligger også informasjon som tilsier et utslipp på 200 kg i 1990 og 32 i 1991 (Hanne Aronsen, SFT personlig meddelelse). Det er vanskelig å finne dokumentasjon på disse tallene, og det antas at det er anslag. For å få en mer pålitelig tidsserie bør det jobbes videre med å bestemme utslippsnivået i 1990.

Utslippene fra avfallsforbrenning kan være redusert som følge av mindre bruk av kvikksølv i produkter som brennes. Denne utslippsreduksjonen er imidlertid bokført under "bruk av produkter". Det er derfor en fare for dobbelttelling av utslipp (og reduksjoner i utslipp) fra denne kilden.

**Tabell 4.9. Utslipp av tungmetaller fra kommunale avfallsforbrenningsanlegg. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	1765,0	1765,0	1765,0	1765,0	1765,0	621,4	621,4	621,4	621,5	621,5
Cd	87,9	87,9	87,9	87,9	87,9	40,6	40,6	40,6	40,7	40,7
Hg	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 4.10. Utslipp av tungmetaller fra sykehusforbrenningsanlegg. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Cd	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Hg	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

#### 4.2.1.9. Avfallsforbrenning: Sykehusanlegg

De samme forholdene som er beskrevet under kommunale anlegg gjelder også sykehusanlegg. Kun to anlegg (av 7) rapporterer utslipp av kadmium og bly, mens alle rapporterer utslipp av kvikksølv. Dataene for disse, sammen med mengde avfall forbrent, er brukt til å beregne utslipp i de resterende anleggene. Vi har også her måttet basere oss på gjennomsnittstall på grunn av store variasjoner i rapporterte utslipp fra år til år, som skyldes tilfeldigheter og ikke reelle endringer. Det ble også stilt strengere krav til utslipp fra disse anleggene fra 1995. For de tre anleggene hvor vi har fått oppgitt at kravene ble skjerpet, er utslippene satt 10 ganger høyere før 1995. Gjennomsnittlig utslipp av kadmium i forhold til mengde forbrent varierer fra 274-1000 g/tonn (to anlegg), mens bly er mer konsistent på 9500 g/tonn. For kvikksølv varierer den avledede faktoren fra 32 til 339 g/tonn. Dette er igjen en indikasjon på usikkerheten i dataene, selv om totale tall vil være mer pålitelige enn data for enkelte anlegg. De beregnede utslippene er vist i tabell 4.10.

Noen anlegg er nedlagt siden 1990. Det er uklart både hvor mange anlegg dette dreier seg om og hvor mye avfall de forbrente. Det har derfor ikke vært mulig å beregne utslipp fra anlegg som var i drift i 1990 men som senere er nedlagt.

#### 4.2.1.10. Krematorier

Kremering er en kilde til kvikksølvutslipp til luft. Utslippene kommer fra tannfyllingsmaterialer og har vært ca. 70 kg/år i alle år siden 1990 ifølge Huse (1999). Bruken av kvikksølvamalgam er imidlertid synkende. Dette skyldes både at det tas i bruk andre tannfyllingsmaterialer, og at teknikken er endret, slik at det brukes mindre amalgam per fylling. Dette innebærer at utslippsfaktoren vil gå ned i framtiden, men det antas at denne nedgangen ikke inntreffer før om en del år.

Bjørnstad (1994) foreslår en faktor på 5-15 g/kvikksølv per kremasjon basert på svenske målinger. Huse (1997) foreslår 1 g/kremasjon. Det kan virke som om en faktor på 4,9 g/kremasjon er brukt i beregningene

**Tabell 4.11. Utslipp av tungmetaller ved kremering. g/kremasjon**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	..	0,005	..
Huse (1999)	..	..	4,9 <sup>1</sup>
Danmark	..	..	..
EEA/EMEP	$1,86 \times 10^{-5}$	$3,107 \times 10^{-6}$	$9,344 \times 10^{-4} / 5,0$
U.S.EPA	$3,01 \times 10^{-5}$	..	1,50
PARCOM-ATMOS	..	..	..
Valgt faktor	$1,86 \times 10^{-5}$	$3,107 \times 10^{-6}$	4,9

<sup>1</sup> Beregnet ut fra Huses utslippstall og antall kremerte per år.

de senere årene (Huse 1999). Tabell 4.11 viser ulike forslag til utslippsfaktorer for denne utslippskilden. Forslagene varierer fra 1,5 til 5,0 g/kremasjon, hvis vi ser bort fra EEAs svært lave faktor basert på en rapport fra U.S. EPA. Storbritannia benytter en faktor på 3 g kvikksølv per kremasjon (Christian Dons personlig meddelelse). Vi velger å bruke en faktor på 4,9 g/kremasjon, noe som gir et utslipp på 71 kg i 1999.

#### 4.2.1.11. Forbrenning av maling og lakk

Det er rapportert utslipp av kvikksølv fra ett anlegg. Utslipp er ikke rapportert for 1990 og 1991. Det er antatt at utslippene i 1990 er lik 1993. Utslipp rapportert i 1995 og 1996 er lavere enn utslipp rapportert for andre år. Dette kan ikke forklares, og utslippstallene rapportert for 1997 er i stedet brukt for disse årene. Utslippene er for alle år under 0,1 kg.

#### 4.2.1.12. Annet

Ifølge Bjørnstad (1994) kan det være utslipp av kvikksølv og andre miljøgifter i forbindelse med branner og åpen brenning på fyllplasser. Disse utslippene kan være betydelige, men det er ikke grunnlag for å beregne dem, siden både utslippsfaktorer og aktivitetsdata mangler.

For utegrilling bruker vi utslippsfaktorer anbefalt for kull i husholdningene (se kapittel 4.2.1.1). Med et grillkullforbruk anslått til 2000 tonn (se kapittel 3.3.1.8) blir utslippet ca. 5 kg bly, 0,3 kg kadmium og 0,6 kg kvikksølv.



**Tabell 4.12. Gjennomsnittlig<sup>1</sup> blyinnhold i bensin. 1980-1999. g/tonn**

1980	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997-1999
417	154	157	148	130	101	91	60	10	10	0,2	0,0

<sup>1</sup> Gjennomsnittet er beregnet ut fra blyinnholdet i bensin og salget av blyholdig og blyfri bensin.

Kilde: Norsk Petroleumsinstitutt.

Vi har ikke funnet utslippsfaktorer for brenning av hageavfall eller halmbrenning. Også for sigarettøyking mangler vi faktorer. For brenning av hageavfall har vi heller ikke funnet aktivitetsdata. I mangel av annen informasjon anbefaler vi å bruke faktoren for vedfyring også for sigarettøyking og halmbrenning. Dette gir et utslipp på 10 kg bly og 19 kg kadmium.

#### 4.2.2. Utslipp fra mobil forbrenning

Tungmetallutslippene er først og fremst avhengig av hvilken energivare som brukes, ikke forbrennings-teknologi.

##### 4.2.2.1. Bensin

Utslipet av bly er relatert til blyinnholdet i bensinen. Det gjennomsnittlige blyinnholdet i bensin har gått gradvis ned (tabell 4.12). Siden 1997 har det ikke vært bensin med tilsatt bly på det norske markedet. Kalium har erstattet bly i tidligere blyholdig bensin.

Vi har tidligere antatt at alt bly i bensinen blir sluppet ut ved forbrenning. I EEA (2000) antas det derimot at 75 prosent av blyet i drivstoffet slippes ut. U.S. EPA (1998a) anslår at 75 prosent slippes ut fra kjøretøy som bruker blybensin, mens bare 40 prosent går til utslipp fra kjøretøy som er designet for og går på blyfri bensin. Det oppgis her at resten av blyet blir avsatt i katalysatoren, motoroljen, forbrenningskammeret og resten av eksosanlegget.

Vi velger å følge anbefalingen til EEA (2000) og antar derfor at bare 75 prosent av blyet slippes ut. For årene til og med 1996 er utslippsfaktoren dermed tre fjerdedeler av verdiene gitt i tabell 4.12. For årene etter 1996 bør utslippsfaktoren beregnes ut fra bakgrunnsnivået i bilbensinen. Vi har ikke data for dette, og benytter dermed samme faktor som DMU (1999) for årene fra og med 1997.

For kadmium benytter vi samme faktor som gitt i EEA (2000). Vi har ikke funnet data på innholdet av kvikksølv i bensin og antar at dette er tilnærmet null.

Flybensin er fortsatt tilsatt bly. Tilsetningen er ca 0,5 g/l (676 g/tonn) og har vært uendret i perioden.

##### 4.2.2.2. Jetparafin

Jetparafin brukes til luftfart. Vi har ikke data på målinger av tungmetaller i jetparafin. Som for fyringsparafin velger vi å benytte gjennomsnittet av utslippsfaktorene for bilbensin og autodiesel, siden parafin er et renere produkt enn diesel. I 1999 ble det sluppet ut 13 kg bly i LTO-fasen (innenriks og utenriks).

**Tabell 4.13. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av bilbensin. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	1,4	0,0	..
Danmark	0,03	0,01	..
EEA/EMEP	..	0,01	..
U.S.EPA	..	..	..
PARCOM-ATMOS	..	0,5 - 1	..
Valgt faktor	0,03	0,01	0,0

**Tabell 4.14. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av jetparafin. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	0,12	0,0	..
Danmark	..	..	..
EEA/EMEP	..	..	..
U.S.EPA	..	..	..
PARCOM-ATMOS	..	..	..
Valgt faktor	0,07	0,01	0,03

**Tabell 4.15. Utslipp av tungmetaller ved forbrenning av diesel og marin gassolje. g/tonn energivare**

	Bly	Kadmium	Kvikksølv
SSBs modell i dag	0,12	0,007	..
Danmark	0,1	0,01	0,05
EEA/EMEP	0,1 <sup>1</sup>	0,01/0,01 <sup>1</sup>	0,05 <sup>1</sup>
U.S.EPA	..	..	..
PARCOM-ATMOS	20	0,05	..
Lloyds	<0,05-0,15	<0,03	0,0001-0,1
Valgt faktor	0,1	0,01	0,05

<sup>1</sup> Marin gassolje.

##### 4.2.2.3. Diesel og marin gassolje

Her foreslår vi å bruke faktorene anbefalt under stasjonær forbrenning. Lloyds har gjort målinger av tungmetallutslipp fra skip<sup>9</sup> (Lloyds 1995). Vi regner disse som mindre relevante for norsk drivstoffkvalitet. De valgte faktorene stemmer imidlertid godt overens med faktorene til Lloyds.

I 1999 ble det brukt omtrent 1 600 ktonn diesel og 1 400 ktonn marin gassolje (utenom utenriks sjøfart). Dette gir et utslipp på ca. 300 kg bly, 30 kg kadmium og 15 kg kvikksølv.

#### 4.2.3. Prosessutslipp

Inkosys er den viktigste datakilden for utslipp fra industrien. SFT har i 2000 lagt vekt på å kvalitetssikre data på utslipp av tungmetaller i industrien. Dette har ført til bedre og mer komplette data enn tidligere. SFT har satt opp en massebalanse for en del bedrifter. Data foreligger imidlertid ofte kun for de senere årene.

<sup>9</sup> Skip bruker også noe tungolje og spesialdestillat.

Tabell 4.16. Utslipp av tungmetaller ved produksjon av ferrolegeringer. kg

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	1 361	1 236	1 309	1 537	1 810	1 249	1 503	1 461	1 819	1 747
Cd	254	225	233	288	308	185	255	236	309	280
Hg	500	501	471	139	144	145	123	124	162	230

Kilde: SFT og beregninger foretatt av SSB.

Tabell 4.17. Utslipp av tungmetaller ved produksjon av primær aluminium. kg

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Cd	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Hg	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Kilde: SFT og beregninger foretatt av SSB.

Utslipp for tidligere år er beregnet ut fra produksjon/bruk av råstoff og eventuell endring i rensing av partikler. Dette er nærmere beskrevet under den enkelte utslippskilde. Dette er en forenkling, siden råvarekvaliteten også i stor grad påvirker utslippsnivået. For de store bedriftene er det ikke vurdert å bruke litteraturinformasjon om utslipp (selv om slik informasjon foreligger).

#### 4.2.3.1. Produksjon av jern og stål

Norsk Jernverk ble nedlagt fra 1991. Det ble rapportert et utslipp på 2 000 kg bly i 1991. Rapportert støvutslipp var omtrent det samme i 1990 og 1991. Vi velger derfor å sette utslipp av bly i 1990 lik 1991. I tidligere beregninger har vi operert med et utslipp på 8 000 kg i 1990. Dette er antakelig mer representativt for situasjonen på 1980-tallet.

Det har trolig også vært et utslipp av kvikksølv fra Norsk jernverk. Vi har imidlertid ingen informasjon om nivået på dette utslippet. Utslippet er av mangel på bedre data satt lik kvikksølvutslipp rapportert fra Fundia i 1999 (100 kg). Tilsvarende er gjort for kadmium (17 kg).

#### 4.2.3.2. Produksjon av ferrolegeringer

SFT har jobbet med kvalitetssikring av tungmetallutslipp rapportert fra bedriftene. Dataene vil derfor skille seg fra tidligere rapporterte verdier. Utslippstall foreligger stort sett bare for 1999. Utslipp for tidligere år er derfor hovedsakelig beregnet ut fra endringer i produksjon. Ifølge SFT er det for disse bedriftene ingen særskilte tiltak (f.eks. partikkelrensing) som skulle tilsi endringer. Imidlertid tar denne metoden ikke hensyn til endringer i råvarekvalitet og produksjonsprofil for hver bedrift, noe som kan ha stor betydning for utslippsnivået. Beregnede utslipp er vist i tabell 4.16.

Utslippene av bly og kadmium har økt som følge av økt produksjon. Utslippene av kvikksølv er gått ned, noe som skyldes redusert kvikksølvinnhold i malm ved to smelteverk.

#### 4.2.3.3. Produksjon av primær aluminium

Det er tungmetallutslipp knyttet til produksjon av aluminium. Dette skyldes tungmetaller både i reduksjonsmidler og malm. Bedriftenes rapportering av slike metaller til SFT er imidlertid lite konsistent. Noen verk rapporterer utslipp av både bly og kadmium, andre ikke.

SFT har derfor satt opp en massebalanse for hver bedrift. Data foreligger imidlertid bare for 1999. Utslipp av kadmium stammer først og fremst fra alumina-råstoffet. Kadmiuminnholdet i dette varierer mye. Bly stammer først og fremst fra bek og anoder, kvikksølv fra anoder. Kvikksølvutslipp kommer ut negativt i massebalansen. Målinger fra to anlegg tyder imidlertid på at utslippene er små i nasjonal sammenheng. Utslipp av tungmetaller fra produksjon av aluminium er fortsatt under revisjon. Tallene som presenteres her er foreløpige og kan bli endret ved neste modellkjøring. Historiske utslipp kan beregnes ut fra endringer i produksjon. Denne metoden fanger ikke opp endringer i metallinnholdet i råstoff. Foreløpig er utslippsnivået holdt konstant for alle år. Tidsserie er vist i tabell 4.17.

Det er også noe utslipp ved bearbeiding (se avsnitt 4.2.3.5).

#### 4.2.3.4. Annen metallproduksjon

Det er rapportert utslipp fra produksjon av jernlegering, sink, magnesium og titanoksid. Utslippene fra produksjon av nikkel er i dag neglisjerbare ifølge bedriftens egenrapportering til SFT. I 1990-1994 var det imidlertid et utslipp av bly.

Utslippene varierer en del fra år til år på grunn av variasjoner i råvarekvaliteten. Utslippene i enkelte bedrifter er redusert, sett over tid, som følge av krav til partikkelrensing og endring i kvalitet på råvarene. Der det mangler fullstendig tidsserie er historiske utslipp beregnet ut fra endringer i produksjonsnivå. Utslipp av kadmium er redusert med 86 prosent siden 1990. Dette skyldes hovedsakelig en kraftig reduksjon i utslippene fra produksjon av sink. Utslippene av bly

**Tabell 4.18. Utslipp av tungmetaller ved produksjon av andre metaller og legeringer. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	291	291	991	797	1 128	1 101	1 088	1 133	1 082	1 118
Cd	702	702	723	725	223	221	169	219	217	97
Hg	7	7	132	144	131	131	117	119	106	107

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 4.19. Utslipp av tungmetaller fra metallbearbeiding og støping. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	88	88	88	88	88	154	99	85	50	28
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 4.20. Utslipp av tungmetaller fra metallgjenvinning. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	36	36	39	39	39	39	37	36	40	40
Cd	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
Hg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 4.21. Utslipp av tungmetaller fra produksjon av karbider. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	1 031	1 031	1 031	721	481	511	451	468	483	357
Cd	94	94	94	90	87	88	87	78	65	62
Hg	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Kilde: SFT og beregninger foretatt av SSB.

har tilsynelatende økt, dette skyldes overgangen fra Norsk jernverk til Fundia (ført under avsnitt 4.2.3.1). Det har imidlertid vært en reell økning i utslippene av bly siden 1993. Utslippene av kvikksølv har vært relativt uendret, men dette er basert på antakelsen om at utslippene fra Norsk jernverk er av samme størrelse som fra Fundia i 1990.

#### 4.2.3.5. Sekundær metallproduksjon, metallbearbeiding, gjenvinning mv.

Utslippstall er basert på data rapportert til SFT fra bedriftene. Generelt er kvaliteten på utslippsdataene dårligere enn for bedriftene som produserer primært metall. Utslippstallene er basert på få målinger, og det er uklart hvor representative de er. I de tilfellene utslippene varierer mye fra år til år uten at dette kan forklares, er det brukt gjennomsnittstall. Disse tallene er da brukt tilbake til 1990 (eller startår for bedriften) fordi det er vanskelig å finne gode tidsserier for produksjonsdata; der det er opplyst om tiltak (rensing av støv) er dette tatt hensyn til ved midling. Utslippene fra metallbearbeiding og støping var særlig høye i 1995 på grunn av brann i ett av anleggene. Nedgang de siste årene skyldes tiltak i en bedrift (tabell 4.19). For metallgjenvinning har det kun vært mindre endringer i utslippsnivået (tabell 4.20).

#### 4.2.3.6. Karbidproduksjon

Både produksjon av silisiumkarbid (tre bedrifter) og kalsiumkarbid (en bedrift) fører til utslipp som følge av tungmetaller i råmaterialer. Rapporterte utslipp av tungmetaller foreligger bare for 1999. De rapporterte utslippene av bly og kadmium varierer en del mellom verkene når det er korrigert for forskjeller i aktivitetsnivå. Dette kan skyldes forskjellig metallinnhold i råvarer, men også være en indikasjon på høy usikkerhet.

Utslipp tilbake i tid er beregnet ut fra endringer i produksjon, men det er korrigert for reguleringer av støvutslipp for de bedriftene hvor SFT har opplyst om dette (utslipp av kvikksølv påvirkes ikke av reguleringer av støvutslipp og er holdt konstant). Dette har ført til en reduksjon i utslippene av bly og kadmium på henholdsvis 65 og 34 prosent siden 1990 (tabell 4.21).

#### 4.2.3.7. Sementproduksjon

Utslipp av kvikksølv fra de to aktuelle bedriftene er rapportert til SFT for 1992-1999. Mer enn 90 prosent av utslippene skyldes kvikksølv i kalkstenen som klinker (sement) produseres fra. Utslippene varierer en del fra år til år ut fra prosessstekniske forhold og variasjoner i kvikksølvinnholdet i stenen.

**Tabell 4.22. Utslipp av tungmetaller fra sementproduksjon. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	93	93	93	93	93	128	128	128	128	128
Cd	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Hg	26	26	26	28	30	21	24	42	51	35

Kilde: SFT og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 4.23. Utslipp av tungmetaller fra glassproduksjon. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	1 525	1525	1525	1513	1146	1338	1362	995	849	192
Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

**Tabell 4.24. Utslipp av tungmetaller fra steinullproduksjon. kg**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pb	9	8	7	7	9	10	11	11	12	10
Cd	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Hg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kilde: Inkosys og beregninger foretatt av SSB.

De rapporterte utslippene av bly og kadmium stammer både fra forbrenning og prosess. For den ene bedriften kan utslippene stort sett klassifiseres som prosessutslipp. For den andre bedriften skyldes utslippene også forbrenning av spesialavfall. Ifølge SFT skyldes den største andelen prosessutslipp, og utslippet er ført som det her. Rapporterte utslipp relatert til produsert mengde klinker varierer mye mellom de to verkene. Dette skyldes antakelig usikkerhet mer enn reelle forskjeller.

I tilfellene hvor historiske utslipp ikke er rapportert, er de beregnet ut fra endringer i støvutslipp ifølge Inkosys (tabell 4.22). Støvutslippene er midlet før og etter 1995. Det blir da beregnet en økning i utslippene fra sementproduksjon.

#### 4.2.3.8. Glassproduksjon

Produksjon av glass kan være en kilde til utslipp av tungmetaller. Utslippsestimatene for bly er basert på rapportering til SFT fra de to bedriftene som har produsert glass på 90-tallet<sup>10</sup>. Det er ikke rapportert utslipp av kadmium og kvikksølv, og vi antar derfor at det ikke er slike utslipp.

Utslipp i 1990 og 1991 mangler for begge bedriftene. Utslippene er derfor forutsatt likt første år med rapportering (hhv. 1992 og 1994). Utslippene rapportert fra det ene verket varierer en del fra år til år. Dette forklares ut fra variasjon i både produksjonsnivå og -teknologi.

#### 4.2.3.9. Steinullproduksjon

Utslipp av tungmetaller er rapportert til SFT fra en bedrift. Utslippene skyldes dels bruk av kull/koks, men

særlig steinen som brukes i produksjonen. Vi har derfor klassifisert dette som et prosessutslipp.

Utslipp er bare rapportert fra en bedrift for 1999. Utslipp er beregnet for de to andre bedriftene ut fra produksjonsnivå. Utslipp tilbake i tid beregnes også ut fra produksjonsnivået (ifølge SFT har det ikke vært noen rensiltak). Dette innebærer at utslippene har vært nokså konstante siden 1990.

#### 4.2.3.10. Kloralkaliproduksjon

En bedrift rapporterer utslipp av kvikksølv til Inkosys. Utslippene skyldes at kvikksølv brukes i produksjonsprosessen. Utslipp er rapportert tilbake til 1991. Utslipp i 1990 er satt lik 1991. Utslippene var ca. 60 kg i perioden 1991-96. Utslippene var særlig høye i 1997 (87 kg) på grunn av en brann. Etter 1997 er produksjonen lagt om, slik at kvikksølv ikke brukes. Utslipp er lavere enn tidligere, og skyldes sanering av det gamle anlegget.

I 1990 og 1991 er det også rapportert kvikksølvutslipp fra opprydding av et annet anlegg som ble nedlagt i 1989.

#### 4.2.3.11. Annen produksjon

Produksjon av papirmasse kan være en mulig kilde til utslipp av bly, kadmium og kvikksølv. EEA (2000) refererer til en utslippsprofil for partikler fra gjenvinningsovnner hentet fra U.S. EPA. I tillegg finner vi utslippsfaktorer fra ulike prosesser i treforedlingsindustrien fra U.S. EPA (1993, 1997 og 1998a).

Raffinering av råolje kan forventes å gi utslipp av kvikksølv (U.S. EPA 1993).

<sup>10</sup> Den ene bedriften ble nedlagt i 1999.

**Tabell 4.25. Utslipp av kvikksølv fra bruk av termometre, lysstoffrør og analyse- og måleinstrumenter. kg**

	1990	1991 <sup>1</sup>	1992 <sup>1</sup>	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999 <sup>2</sup>
Termometre	200	144	35	33	45	25	25	12	3	1
Lysstoffrør	37	35	32	30	30	30	35	25	24	23
Analyse- og måleinstrumenter	47	38	29	20	20	20	20	18	18	18

<sup>1</sup>Interpolert ut fra endring i omsetning.

<sup>2</sup>Ekstrapolert (foreløpige tall).

Kilde: Huse (2000), Huse (1999), Bjørnstad (1998) og Bjørnstad (1997).

U.S. EPA oppgir også utslippsfaktorer fra andre produksjonsprosesser, men vi antar at disse er av mindre betydning for norske utslipp. Dette bør imidlertid vurderes nærmere. Produksjon som kan gi utslipp av bly er bl.a. produksjon av blybatterier, blyoksider, strømkabler, ammunisjon, keramikk, kretskort og fargede gummiprodukter (U.S. EPA 1998a).

Av mangel på spesifikk informasjon for norske forhold er ingen utslipp beregnet i denne omgang.

#### 4.2.3.12. Bruk av produkter

Brekasje av kvikksølvtermometre fører til utslipp av kvikksølv til luft og vann. Utslippsestimatene er basert på Bjørnstad (1994) og Huse (1999). Det ble beregnet et utslipp på 200 kg/år til luft (og 250 kg til vann) for 1988. Salget av slike termometre ble kraftig redusert fra midten av 90-tallet og kvikksølvinnholdet per termometer er også gått ned (Bjørnstad 1998). Forbud mot produksjon, import og eksport av kvikksølvholdige termometre ble iverksatt 1.7.98. Forbud mot omsetning gjelder fra 1.10.98. Unntak gjelder for enkelte typer termometre til yrkesmessig bruk fram til 1.1.2001. Siden termometrene har en lang levetid vil det allikevel være utslipp i flere år framover. I disse beregningene er det antatt at utslipp skjer det året produktet omsettes. Dataene er basert på opplysninger fra viktige forhandlere. Vi antar at ¼ av utslippene skjer i husholdningene og resten i næringen for sykehus.

Huse (1997) nevner knuste lysstoffrør med kvikksølv som en kilde til kvikksølvutslipp. Vi har benyttet et utslippsestimat derfra som er basert på omsetningstall og kvikksølvinnhold i de ulike typene slik de er rapportert fra importørene. Utslippene er ifølge Huse (1999) gått ned de senere årene på grunn av økt omsetning av lysrør med lavere innhold av kvikksølv. Dette er en ny kilde i utslippsmodellen. Utslippene skjer i praksis i alle næringer. Foreløpig er alt allokert til husholdninger.

Kvikksølv er også i bruk i diverse måle- og analyseinstrumenter.

#### 4.2.3.13. Slitasje av bildekk

Som nevnt i kapitlet om PAH finnes det lite data for slitasje av bildekk. Vi har ikke funnet egne data om dette i datakildene vi har hatt tilgjengelig. Det finnes imidlertid data på utslipp av f.eks. bly ved forbrenning av bildekk. Utslippet skyldes at det er bly i bildekkene, og utslippsfaktoren er gitt som gram Pb/tonn bildekk

**Tabell 4.26. Innhold av tungmetaller i bildekk. g/tonn**

Komponent	Analysert innhold	Valgt utslippsfaktor
Pb	15-800	15
Cd	1,25-7	1,25
Hg	0,38	0,38

Kilde: Bækken (1993).

forbrent. U.S. EPA (1998a) oppgir en utslippsfaktor på 0,1-0,34 g/tonn.

Ifølge Bækken (1993) slites det i Norge årlig ca. 6 000 tonn gummi fra bildekk. I tillegg kommer støv fra slitasje av piggene som brukes i piggedekk. Tabell 4.26 viser innhold av tungmetaller i to forskjellige analyser av bildekk i henhold til Bækken (1993). Tabellen viser at det er stor variasjon mellom de to analysene for bly og kadmium. Kvikksølv er bare analysert i den ene av testene. Vi velger å bruke den laveste verdien for metallene og bruke innholdet av tungmetall direkte som utslippsfaktor (tabell 4.26). Dette gir utslipp av ca. 8 kg kadmium, 90 kg bly og 2 kg kvikksølv. Disse tallene brukes for alle år.

Bare støv fra gummi beregnes i dette arbeidet. Støv fra slitasje av selve piggene beregnes ikke.

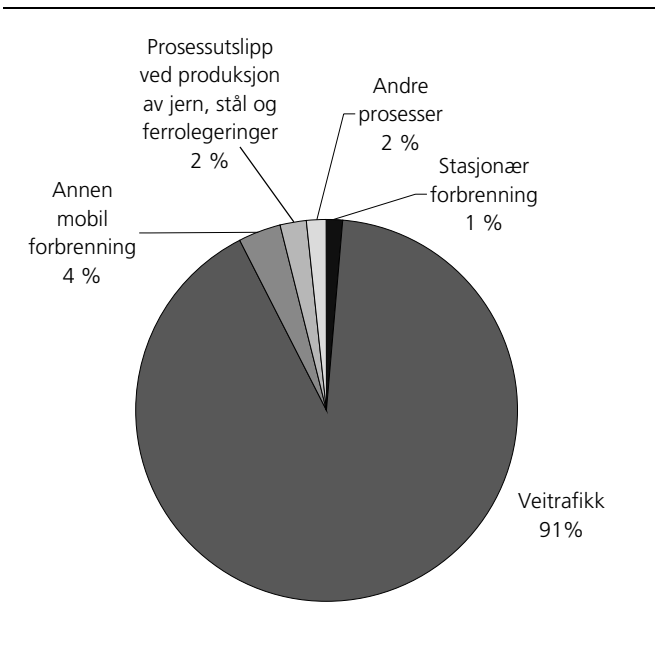
#### 4.2.3.14. Asfaltslitasje

I Bækken (1993) presenteres det data for innhold av tungmetaller i veistøv. Det refereres til to rapporter hvor kadmiuminnholdet varierer mellom 1,9 og 43 g Cd/tonn veistøv. Dataene for bly kan være høye i forhold til nivået i dag siden disse analysene er gjort på en tid da blyinnholdet i bensin fortsatt var høyt. Bækken har ikke data for kvikksølv. Vi beregner ikke utslipp av bly og kvikksølv i dette arbeidet. Feilen som oppstår på grunn av dette anses som liten da utslippet sannsynligvis er minimalt. For kadmium anbefaler vi brukt gjennomsnittsfaktoren på 22,5 g/tonn. Med et veistøvsutslipp (PM<sub>10</sub>) på 1 532 tonn i 1998 gir dette et utslipp på 34 kg Cd.

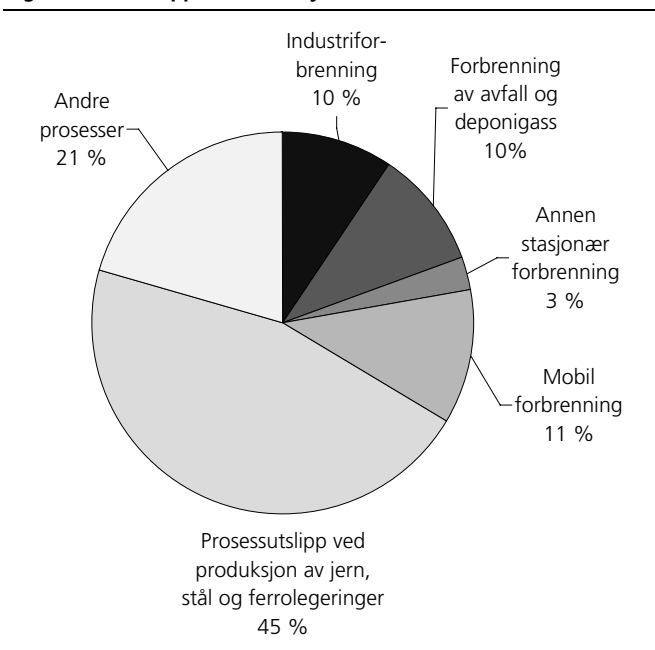
#### 4.2.3.15. Annet

U.S. EPA refererer til en rekke kilder til utslipp av tungmetaller, bl.a. kan kvikksølv fordampes fra avfallsfyllinger (U.S. EPA 1997) og detonering av eksplosiver gi utslipp av Pb (U.S. EPA 1998a).

Figur 4.1. Utslipp til luft av bly etter kilde. 1990



Figur 4.2. Utslipp til luft av bly etter kilde. 1999



**4.3. Resultater**

**4.3.1. Bly (Pb)**

Utslippene av bly har sunket kraftig i perioden mellom 1990 og 1999 (figur 4.1 og 4.2). I 1990 var det totale blyutslippet på hele 187 tonn, mens det i 1999 var på 6,3 tonn. Denne kraftige nedgangen på hele 97 prosent skyldes primært at det ikke har vært bensin med tilsatt bly på det norske markedet siden 1997. Av figur 4.1 og 4.2 ser man endringene i de viktigste utslippskildene for bly fra 1990 til 1999. Fra 1995 er utslippene blitt redusert med 70 prosent.

**4.3.1.1. Stasjonær forbrening**

Stasjonær forbrening bidro med 22 prosent av alt blyutslipp i 1999. Mesteparten kom fra forbrening av avfall og industriell forbrening, hovedsakelig av treavfall og avlut, men også tungolje og spillolje.

**4.3.1.2. Prosessutslipp**

Utslipp fra prosessindustrien er den viktigste kilden til bly i dag. 46 prosent av alt blyutslipp kom fra jern, stål og ferrolegeringsvirksomhet i 1999. Utslippene fra industrien er redusert med 40 prosent siden 1990, hovedsakelig som følge av nedleggelse av industribedrifter med høye utslipp. Dagens nivå (1998) på utslippene av bly fra prosessindustrien er mer enn dobbelt så høye som tidligere publisert. Dette skyldes bedre og mer fullstendig rapportering av utslippsdata fra bedriftene.

**4.3.1.3. Mobil forbrening**

Hele 91 prosent av alt blyutslipp i 1990 kom fra veitrafikk, det vil si fra blyholdig bensin, hovedsakelig brukt i lette kjøretøyer. Som følge av utfasing av blybensin er utslippet blitt redusert med 99,6 prosent fra 1990 til 1999 da kun 11,5 prosent av totalt blyutslipp kom fra mobil forbrening. Nesten halvparten av utslippet fra mobil forbrening i dag kommer fra blytilsatt flybensin brukt i innenriks luftfart.

**4.3.2. Kadmium (Cd)**

Utslipp til luft av kadmium var i 1999 på 1,1 tonn, i forhold til 1,7 tonn i 1990. Dette er en nedgang på 39 prosent, figur 4.5. Utslippet fordelte seg på 45 prosent fra stasjonær forbrening, 50 prosent fra prosessvirksomhet og 5 prosent fra mobil forbrening, figur 4.4.

**4.3.2.1. Stasjonær forbrening**

54 prosent av utslippet fra stasjonær forbrening kom fra industrien, primært fra treforedlingsindustrien, mens 30 prosent kom fra vedfyring. Utslipp fra disse to kildene har hatt en liten økning i samme periode. Tallene er imidlertid usikre.

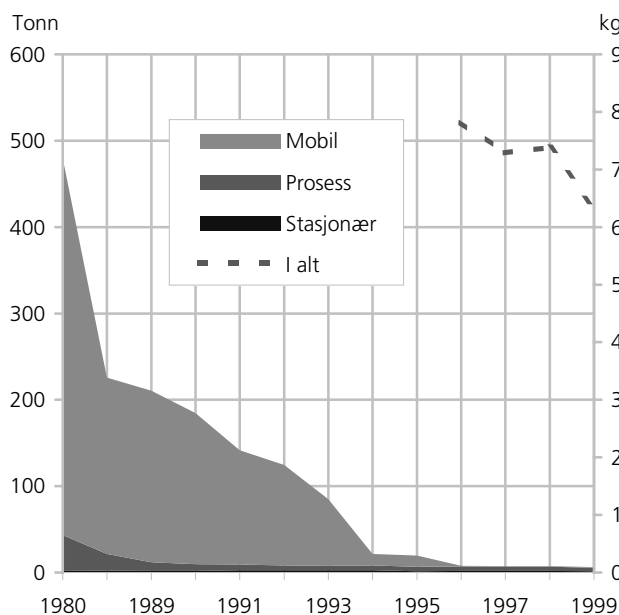
**4.3.2.2. Prosessutslipp**

Årsaken til den store reduksjonen i kadmiumutslipp siden 1990 er primært at utslippene fra metallproduksjon er redusert med 58 prosent i samme periode. Dette skyldes hovedsakelig en nedgang i utslipp fra produksjon av sink. Dagens nivå (1998) på utslippene av kadmium fra prosessindustrien er omtrent dobbelt så høyt som tidligere publisert. Dette skyldes bedre og mer fullstendig rapportering. Produksjon av jern, stål og ferrolegeringer bidrar mest til prosessutslippene.

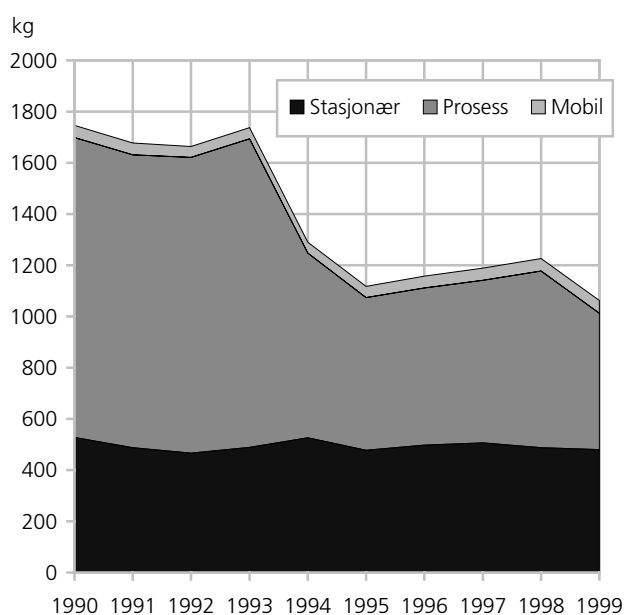
**4.3.2.3. Mobil forbrening**

Mobil forbrening har økt med 7 prosent fra 1990. Av dette kommer 60 prosent fra veitrafikk, likt fordelt mellom bensin- og dieselskjøretøyer, mens 30 prosent kommer fra skip og båter.

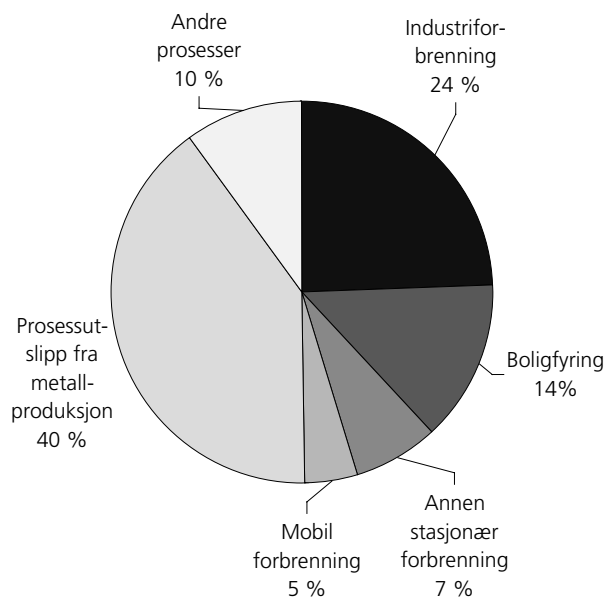
Figur 4.3. Utslipp til luft av bly. 1980-1999



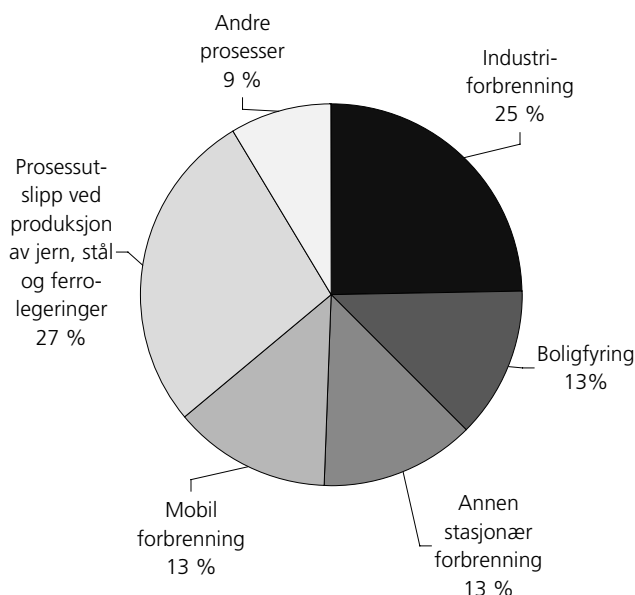
Figur 4.5. Utslipp til luft av kadmium. 1990-1999



Figur 4.4. Utslipp til luft av kadmium etter kilde. 1999



Figur 4.6. Utslipp til luft av kvikksølv etter kilde. 1999



### 4.3.3. Kvikksølv (Hg)

Det har vært en reduksjon på 32 prosent i utslippet av kvikksølv i perioden 1990 til 1999, men fra 1995 til 1999 har det vært en liten økning på 3,5 prosent, figur 4.7. Kvikksølvutslippet i 1999 var på 1,2 tonn. Av dette kom 51 prosent fra stasjonær forbrenning, 36 prosent fra prosess og 13 prosent fra mobil forbrenning, figur 4.6.

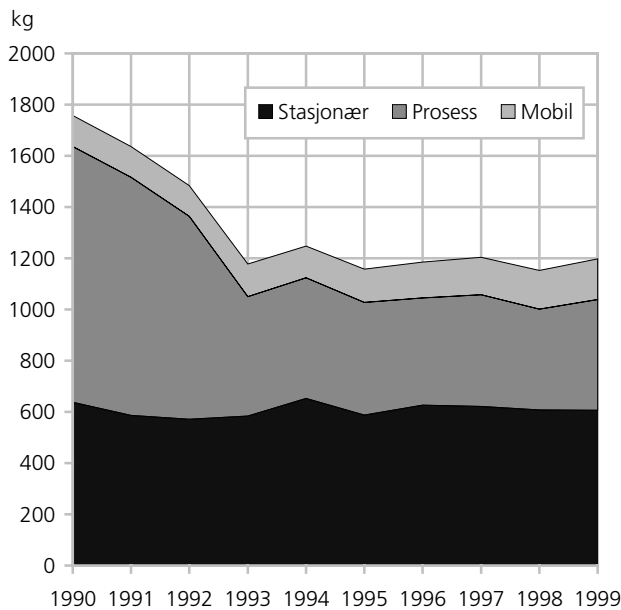
#### 4.3.3.1. Stasjonær forbrenning

Vedfyring og forbrenning fra treforedlingsindustrien utgjorde tilsammen 59 prosent av alt utslipp fra stasjonær forbrenning. Utslippstallene fra begge kildene har vært relativt stabile siden 1990. Tallene er imidlertid usikre.

#### 4.3.3.2. Prosessutslipp

Nedgangen i kvikksølvutslippet fra 1990 til 1999 skyldes i hovedsak en reduksjon i utslippet fra jern-, stål- og ferrolegeringsvirksomheten på 45 prosent. Allikevel kom 28 prosent av det totale utslippet fra denne virksomheten i 1999. Den største prosentvise nedgangen i kvikksølvutslipp har imidlertid vært fra bruken av kvikksølvholdige produkter, som termometre og amalgamfyllinger. Her var det en reduksjon på hele 85 prosent fra 1990 til 1999. I 1999 kom kun 3,5 prosent av det totale kvikksølvutslippet fra slike produkter.

Figur 4.7. Utslipp til luft av kvikksølv. 1990-1999



Tabell 4.27. Utslipp av bly og kadmium. Sammenligning med tidligere beregning. 1998. Tonn

	Pb			Cd		
	Gammel	Ny	Revisjon (prosent)	Gammel	Ny	Revisjon (prosent)
<i>I alt</i>	6,4	7,4	16	0,7	1,2	80
Stasjonær	1,8	1,7	9	0,3	0,5	40
Mobil	3,0	0,7	-78	0,02	0,05	133
Proses	1,5	5,1	234	0,3	0,7	119

4.3.3.3. Mobil forbrenning

Utslipp fra mobil forbrenning økte med 31 prosent fra 1990 til 1999. Dette skyldes økt forbruk av diesel i bil, skip og båt. 43 prosent av utslippet fra mobil forbrenning kom fra dieselmotorer, mens 45 prosent skyldes utslipp av diesel fra skip og båter.

4.3.4. Sammenligning med tidligere beregninger

Utslipp av bly og kadmium har tidligere vært inkludert i SSB/SFTs utslippsmodell. Dette arbeidet har ført til en revisjon av disse tallene. Dette er illustrert i tabell 4.27.

De totale estimerte blyutslippene er ikke særlig endret. Imidlertid er utslippene for enkeltkilder betydelig revidert. Blyutslippene fra industrien (prosesser) er tre ganger høyere enn det vi har estimert tidligere (publisert av SSB). Dette er framkommet gjennom SFTs fokus på forbedret rapportering fra bedriftene. Utslippene fra mobil forbrenning er lavere enn tidligere beregnet. Dette skyldes særlig revisjon av blyinnholdet i blyfri bensin og antakelsen om at ikke alt slippes ut til luft. Dette har også stor betydning for tidsserien for tidligere år. Utslippene blir her lavere enn tidligere beregnet.

Utslippene av kadmium i 1998 er økt med 80 prosent. Revisjonen skyldes at tungmetallinnholdet i oljeprodukter (som er svært usikkert) er antatt å ha høyere verdier, basert på litteraturgjennomgangen. Utslippene fra industrien er høyere enn tidligere estimert, men forskjellen er mindre enn for bly.

4.4. Svakheter i datagrunnlaget/videre arbeid

Det er generelt knyttet stor usikkerhet til utslipp av tungmetaller. Usikkerheten er høyere enn for andre komponenter i utslippsregnskapet, med unntak av klimagassen lystgass. Det er flere grunner til at usikkerhet er høy. Den viktigste er at det finnes lite informasjon om utslippsfaktorer, og av det som finnes i internasjonal litteratur er det uklart hvor mye som faktisk er anvendbart på norske forhold. Videre er det ikke sikkert at alle utslippskilder er kjent eller tilstrekkelig kartlagt. Bedriftenes egenrapportering av utslipp til SFT er forbedret de senere årene. Imidlertid er utslippene i basisåret 1990 i dette arbeidet basert på beregninger av tidligere rapporterte data. Utslippene i 1990 er dermed mer usikre enn for 1998 og 1999.

Flere av disse forholdene kan rettes opp. Det er altså et potensiale for å forbedre utslippstallene og redusere usikkerheten på sikt.

De viktigste forbedringsmulighetene er:

- Måle tungmetallinnhold i norske oljeprodukter med en tilstrekkelig nøyaktighet
- Vurdere metallinnholdet i ved, treavfall og avlut brukt i Norge
- Vurdere tidsserien for utslipp fra de viktigste punktkildene mer eksakt
- Kartlegge bedre utslipp fra veislitasje (dekk og brems)
- Luke ut eventuell dobbelttelling av kvikksølvutslipp fra produkter og avfallsforbrenning
- Vurdere utslipp fra flere kilder
- Følge med på internasjonal litteratur og oppdatere utslippsfaktorer når ny informasjon foreligger
- Legge til utslipp fra nye utslippskilder når informasjon foreligger.



# Referanser

- Bang, J., K. Flugsrud, S. Holtskog, G. Haakonsen, S. Larssen, K.O. Maldum, K. Rypdal and A. Skedsmo (1999): *Utslipp fra veitrafikk i Norge - Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*, Rapport 99:04. Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Benestad, C. (2000): Personlig meddelelse, E-post datert 30/10-00.
- Bjørnstad, Sigrid Louise (1994): Tilførsler av miljøgifter til miljøet, Upublisert notat fra Scandpower for Statens forurensningstilsyn.
- Bjørnstad, Sigrid Louise (1997): *Miljøgifter i produkter. Data for 1995*. Rapport 97:03, Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Bjørnstad, Sigrid Louise (1998): *Miljøgifter i produkter. Data for 1996*. Rapport 98:03, Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Bækken, T. (1993): *Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje*. NIVA-rapport O-92090.
- Cooper, D.A. (2000): Exhaust emissions from high speed passenger ferries, Artikkel innsendt til Atmospheric Environment desember 2000.
- DMU (1999): *Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996*. Miljø- og Energiministeriet - Danmarks Miljøundersøkelser, Faglig rapport fra DMU, nr. 301.
- EEA (2000): Atmospheric Emission Inventory Guidebook, second edition. A joint EMEP/CORINAIR Production, European Environmental Agency.
- Evans, F. (2000): Personlig meddelelse, telefonsamtale 20/11-00, Oslo: Norsk treteknisk institutt.
- Flugsrud, K., E. Gjerard, G. Haakonsen, H. Høie, K. Rypdal, B. Tornsjø og F. Weideman (2000): *The Norwegian Emission Inventory. Documentation of methodology and data for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants*, Rapporter 2000/1, Statistisk sentralbyrå.
- Giegrich, J., A. Detzel, H. Fehrenbach, B. Franke, M. Lell, A. Patyk (1997): PCDD/F and PAH in Germany. Emission Balance and Reduction Measures. Research Project no. 104 02 365, Institut für Energie- und Umweltforschung. Heidelberg.
- Gjesdal, S.F.T., K.E. Rosendahl og K. Rypdal (1998): *A balance of use of wood products in Norway – Part III*, Rapport 98:05, Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Hansen, F. H. (1991): *Godkjenningsbetingelser for fastbrenselfyrte ildsteder*, STF25 F91010, Trondheim: SINTEF Norges branntekniske laboratorium.
- Huse, Astrid (1997): Utslippsfaktorer for beregning av tilførsler av miljøgifter fra produkter, Upublisert notat fra InterConsult Group ASA for Statens forurensningstilsyn.
- Huse, Astrid (1999): *Miljøgifter i produkter. Data for 1997*, Rapport 99:03. Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Huse, Astrid (2000): *Miljøgifter i produkter. Data for 1998*, SFT-publikasjon 1751/2000. Statens forurensningstilsyn.
- Haakonsen, G., K. Rypdal og B. Tornsjø (1998): Utslippsfaktorer for lokale utslipp - PAH, partikler og NMVOC, Notater 98/29, Oslo/Kongsvinger: Statistisk sentralbyrå.
- Haakonsen, G. og E. Kvingedal (2001): Utslipp fra bruk av ved i ovn og peis, utkommer i serien Notater våren 2001, Oslo/Kongsvinger: Statistisk sentralbyrå.
- Impregnor (udatert): Sikkerhetsdatablad for kreosotolje, <http://www.impregnor.no/html/sikkerhet.htm>, 14.11.00.
- Jebsens miljøteknikk (1991): Undersøkelse av utslipp av støv, PAH, CO, SO<sub>2</sub> og tyngre organiske forbindelser fra et motstrøms og et ordinært trommelblander for asfalt.

- Karlsson M.L., P.A. Wallin og L. Gustavsson (1992): *Emissioner från biobrensle-eldade anläggningar mellan 0,5 och 10 MW*. Swedish National Testing and Research Institute, SP rapport 1992:46.
- Karlsvik, E. (1998): Research and development of fireplaces and stoves. Presentasjon på Workshop on small-scale wood burning, Stockholm, Sverige, 31.03.1998, SINTEF Energiforskning.
- Koppers Denmark A/S (2000): Typisk analyse for MT-Kreosotolie, Faks fra produktsjef Peter S. Schmidt datert 7/12-00.
- Larssen, S. (1985): Støv fra asfaltveier. Karakterisering av luftbåret veistøv. Fase 1: Målinger i Oslo, våren 1985. O-8431. Norsk institutt for luftforskning.
- Lloyds (1995): Marine Exhaust Emission Research Program. Lloyd's Register of Shipping.
- Myran T. (1995): Stein i veg. Piggdekkslitasje - støvproblemer. Holmenkollen Park Hotel Rica 2.-3. februar 1995.
- NILU/NIVA (1995): *Materialstrømsanalyse av PAH*. NILU/NIVA rapport O-92108.
- NTI (2000): Fokus på tre, Nr. 21, Oslo: Norsk tre-teknisk institutt
- OLF (1991): Miljøprogram. Utslipp til luft. Rapport Fase I - Del A. Oljeindustriens Landsforening.
- Olsen, Samuel Dagfinn (1996): Development and Application of Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry for the Analysis of Metals in Sedimentary Organic Matter. Dr. Philos.-avhandling. Newcastle upon Tyne. Desember 1996.
- Opinion (2000a): Luftkvalitet og oppvarmingskilder - en undersøkelse blant sentrumshusstander i Oslo, Oslo: Opinion.
- Opinion (2000b): Luftkvalitet og oppvarmingskilder - en undersøkelse blant sentrumshusstander på Lillehammer, Oslo: Opinion.
- Pacyna, J.M. (1994): Brev til SFT, Kjeller: Norsk institutt for luftforskning.
- PARCOM-ATMOS (1992): Emission Factors Manual. Emission Factors for Air Pollutants 1992 (P.F.J. van der Most og C. Veldt). TNO-rapport 92-235.
- Parma, Z., J. Vosta, J. Horejs, J.M. Pacyna og D. Thomas (1995): Atmospheric Emission Inventory Guidelines for Persistent Organic Pollutants (POPs). Prague, The Czech Republic.
- PIL (2000): Avfallsbaserte brenselprodukter. Kvalitetssikring og miljøkrav ved energiutnyttelse av brensel fra sortert avfall. Prosessindustriens Landsforening.
- Rypdal, K. og T.C. Mykkelbost: Utslippsfaktorer for miljøgifter. Upublisert notat.
- SFT (1999): PAH-utslipp til sjø og luft fra aluminiumsverkene på Lista, Karmøy og Mosjøen. (Elkem Aluminium, Hydro Aluminium, Teknologisk institutt, SINTEF, NIVA). Notat fra SFT.
- SFT (2000a): Guidance document on Quantification and Reporting on discharges/emissions/losses of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH), HARP-HAZ Prototype, september 2000, Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- SFT (2000b): Miljøstatus i Norge. [www.mistin.dep.no/tema/Kjemikalier](http://www.mistin.dep.no/tema/Kjemikalier).
- SINTEF (1995): Analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH, ved vedovnsforbrenning. Brev til SFT (kontrakt 94522).
- Stabbetorp (2001): Personlig meddelelse, telefon-samtale 18/1-01. Planteforsk, Kapp.
- St. meld. nr 58 (1996-97): Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling. Dugnad for framtida, Miljøvern-departementet.
- U.S. EPA (1993): Locating and Estimating Air Emissions From Sources of Cadmium and Cadmium Compounds. EPA-454/R-93-040
- U.S. EPA (1995): Compilation of air pollutant emission factors. Volume I: Stationary point and area sources. Fifth edition. AP-42. Environmental Protection Agency.<sup>11</sup>
- U.S. EPA (1997): Locating and Estimating Air Emissions From Sources of Mercury and Mercury Compounds. EPA-454/R-97-012
- U.S. EPA (1998a): Locating and Estimating Air Emissions From Sources of Lead and Lead Compounds. EPA-454/R-98-006
- U.S. EPA (1998b): Locating and Estimating Air Emissions From Sources of Polycyclic Organic Matter. EPA-454/R-98-014
- U.S. EPA (1999): [ftp://ftp.epa.gov/EmisInventory/nti\\_96/](ftp://ftp.epa.gov/EmisInventory/nti_96/)

<sup>11</sup> Inkluderer vedlegg av nyere dato tilgjengelig via internett (<http://www.epa.gov/ttn/chief>)

Aa, K. (2000): Personlig meddelelse, E-post datert 28. november 2000, Oslo: Statens forurensningstilsyn.

## Vedlegg A

## Utslippsfaktorer for forbrenning. 1999

1999 er gitt som et eksempel. Faktorene for PAH og bly fra veitrafikk vil variere fra år til år.

Tabell A1. Bly. g/tonn

Kilde	Sektor	Sektor	Kull	Kull-koks	Petrol-koks	Ved, avlut etc.	Natur-gass	Annen gass	LPG	Bil-bensin	Ann.-bensin	Fyr.-parafin	Annen parafin	Diesel	Marint	Fyr.-olje	Tungdestil-lat	Tung-olje	Spesial-avfall
DIREKTE	Generelt	ALLE	0,2	0,2	0,2		0	0								0,1	0,1	1	14
	Sement	232650	0	0	0				0			0					0	0	0
	Tegl	232640	0,2	0,2													0,1	1	
	Aluminium	232730	0	0	0	0			0			0				0	0	0	0
TURBIN		ALLE					0	0							0,1				
FAKKEL		ALLE					0	0											
KJELE	Generelt	ALLE	0,2	0,2		0,05	0	0	0			0,07		0,1	0,1	0,1	0,1	1	14
	Industri	231000-233720	0,2	0,2	0,2	0,05	0	0	0			0,07			0,1	0,1	0,1	1	14
	Sement	232650	0	0	0	0						0			0	0	0	0	0
	Aluminium	232730	0	0	0	0						0			0	0	0	0	0
	Privat	330000	0,2	0,2								0,07			0,1	0,1	0,1	1	
SMÅOVN	Generelt	ALLE	2,5	2,5		0,05						0,07				0,1			
	Privat	330000	2,5	2,5		0,05			0			0,07							
L1		ALLE							0,03					0,1					
L2		ALLE							0,03					0,1					
HDV		ALLE							0,03					0,1					
JERNBANE		ALLE												0,1					
LUFT-LAV		ALLE								675,7			0,07						
LUFT-HØY		ALLE								675,7			0,07						
LUFT-C		ALLE								675,7			0,07						
MOTORS		ALLE							0,03										
MOPED		ALLE							0,03										
SNØSCOOT		ALLE							0,03										
BÅT-2		ALLE							0,03										
BÅT-4		ALLE							0,03					0,1					
SKIP		ALLE													0,1	0,1	0,1	1	
REDSK-2		ALLE							0,03					0,1					
REDSK-4	Generelt	ALLE							0,03					0,1		0,1			

**Tabell A2. Kadmium**

Kilde	Sektor	Sektor	Kull	Kull-koks	Petrol-koks	Ved, avlut etc.	Natur-gass	Annen gass	LPG	Bil-bensin	Ann.-bensin	Fyr.-parafin	Annen parafin	Diesel	Marint	Fyr.-olje	Tungdestillat	Tungolje	Spesialavfall
DIREKTE	Generelt	ALLE	0,003	0,003	0,003		0	0							0,01		0,01	0,1	0,6
	Sement	232650	0	0	0										0		0	0	0
	Aluminium	232730	0	0	0										0		0	0	0
TURBIN		ALLE													0,01				
FAKKEL		ALLE						0											
KJELE		ALLE	0,003	0,003	0,003	0,1	0	0	0			0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,6
	Jordbruk	230100	0,003	0,003		0,1		0	0			0,01			0,01	0,01	0,01	0,1	
	Industri	233720	0,003	0,003	0,003	0,1	0	0	0			0,01		0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,6
	Cellulose	232110	0,003	0,003		0,1		0	0			0,01			0,01	0,01	0,01	0,1	0,6
	Sement	232650	0	0	0	0		0	0			0		0	0	0	0	0	0
	Aluminium	232730	0	0	0	0		0	0			0		0	0	0	0	0	0
SMÅOVN		ALLE	0,15	0,15		0,1			0			0,01				0,01			
L1		ALLE								0,01					0,01				
L2		ALLE								0,01					0,01				
HDV		ALLE								0,01					0,01				
JERNBANE		ALLE													0,01				
LUFT-LAV		ALLE									0,01		0,01						
LUFT-HØY		ALLE									0,01		0,01						
LUFT-C		ALLE									0,01		0,01						
MOTORS		ALLE								0,01									
MOPED		ALLE								0,01									
SNØSCOOT		ALLE								0,01									
BÅT-2		ALLE								0,01									
BÅT-4		ALLE								0,01				0,01					
SKIP		ALLE													0,01		0,01	0,1	
REDSK-2		ALLE								0,01				0,01					
REDSK-4		ALLE								0,01				0,01		0,01			

**Tabell A3. Kvikksølv**

Kilde	Sektor	Sektor	Kull	Kull-koks	Petrol-koks	Ved, avlut etc.	Natur-gass	Annen gass	LPG	Bil-bensin	Ann.-bensin	Fyr.-parafin	Annen parafin	Diesel	Marint	Fyr.-olje	Tungdestillat	Tungolje	Spesialavfall
DIREKTE		ALLE	0,05	0,05	0,05		0,0012	0	0						0,05		0,05	0,2	0,2
	Sement	232650	0	0	0										0		0	0	0
	Aluminium	232730	0	0	0										0		0	0	0
TURBIN		ALLE													0,05				
FAKKEL		ALLE						0											
KJELE		ALLE	0,05	0,05	0,05	0,1	0,0012	0	0			0,03		0,05	0,05	0,05	0,05	0,2	0,2
	Jordbruk	230100				0,1						0,03			0,05	0,05	0,05	0,2	0,2
	Cellulose	232110				0,1						0,03			0,05	0,05	0,05	0,2	0,2
	Sement	232650	0	0	0	0						0		0	0	0	0	0	0
	Aluminium	232730	0	0	0	0						0		0	0	0	0	0	0
SMÅOVN		ALLE	0,3	0,3		0,1			0			0,03				0,05			
L1		ALLE								0					0,05				
L2		ALLE								0					0,05				
HDV		ALLE								0					0,05				
JERNBANE		ALLE													0,05				
LUFT-LAV		ALLE									0		0,03						
LUFT-HØY		ALLE									0		0,03						
LUFT-C		ALLE									0		0,03						
MOTORS		ALLE								0									
MOPED		ALLE								0									
SNØSCOOT		ALLE								0									
BÅT-2		ALLE								0									
BÅT-4		ALLE								0				0,05					
SKIP		ALLE													0,05		0,05	0,2	
REDSK-2		ALLE								0				0,05					
REDSK-4		ALLE								0				0,05		0,05			

Tabell A4. PAH-total

Kilde	Sektor	Sektor	Kull	Kull- koks	Petrol -koks	Ved, avlut etc.	Natur- gass	Annen gass	LPG	Bilbensin	Ann.- bensin	Fyr.- para- fin	Annen parafin	Diesel	Marint	Fyr.olje	Tung- destil- lat	Tung- olje	Spe- sial- avfall
DIREKTE		ALLE	0,17	0,17	0,17		0,018	0,018	0,018							1,6	0,015	0,015	0,015
TURBIN		ALLE					0,00002									1,6			
FAKKEL		ALLE					0,00002	0,018											
KJELE	Generelt	ALLE	0,46	0,46	0,46	0,16	0,018	0,018	0,018			0,007		0,007	0,007	0,007	0,015	0,015	0,015
	Industri	231000- 233720	0,46												0,0008	0,0008	0,015	0,015	0,015
	Elprod	234010- 234040	0,46					0											
SMÅOVN		ALLE	39,9	27,8	27,8	38,8			0,039			0,039					1,01		
L1		ALLE								1,0000683				4,366809					
L2		ALLE								1,0000683				4,366809					
HDV		ALLE								1,9949916				3,563499					
JERNBANE		ALLE												3,3					
LUFT-LAV		ALLE									0,54		0,54						
LUFT-LAV	Generelt	236203									0,18		0,18						
	Utenriks																		
LUFT-HØY	luftfart	ALLE									0,32		0,32						
LUFT-HØY	Generelt	236203									0,05		0,05						
	Utenriks																		
LUFT-C	luftfart	ALLE									0,29		0,29						
LUFT-C	Generelt	236203									0,1		0,1						
	Utenriks																		
MOTORS	luftfart	ALLE								2									
MOPED		ALLE								2									
SNØSCOOT		ALLE								2									
BÅT-2		ALLE								2				3,3					
BÅT-4		ALLE								2				3,3					
SKIP		ALLE												1,6	1,6		1,6	1,6	
REDSK-2		ALLE								2				3,3					
REDSK-4		ALLE								2				3,3		0,08			

Tabell A5. PAH-6

Kilde	Sektor	Sektor	Kull	Kull-koks	Petrol-koks	Ved, avlut etc.	Natur-gass	Annen gass	LPG	Bilbensin	Ann.-bensin	Fyr.-paraffin	Annen paraffin	Diesel	Marint	Fyr.olje	Tungdestillat	Tungolje	Spesialavfall
DIREKTE		ALLE	0,02	0,02	0,02		0,001	0,001	0,001						0,26		0,004	0,004	0,004
TURBIN		ALLE					0,000001								0,26				
FAKKEL		ALLE					0,000001	0,001											
KJELE	Generelt	ALLE	0,16	0,16	0,16	0,061	0,001	0,001	0,001			0,00075		0,00075	0,00075	0,00075	0,004	0,004	0,004
	Industri	231000-233720	0,16												0,0005	0,0005			
	Elprod	234010-234040	0,16																
SMÅOVN		ALLE	18	13,4	13,4	6,8			0,007			0,007					0,57		
L1		ALLE								0,4456964				2,382979					
L2		ALLE								0,4456964				2,382979					
HDV		ALLE								0,9974958				1,78175					
JERNBANE		ALLE												0,53					
LUFT-LAV		ALLE									0,02		0,02						
LUFT-LAV	Generelt	236203									0,02		0,02						
	Utenriks luftfart	ALLE									0,02		0,02						
LUFT-HØY	Generelt	236203									0		0						
	Utenriks luftfart	ALLE									0,02		0,02						
LUFT-C	Generelt	236203									0		0						
	Utenriks luftfart	ALLE									0,53								
MOTORS		ALLE									0,53								
MOPED		ALLE									0,53								
SNØSCOOT		ALLE									0,53								
BÅT-2		ALLE									0,53			0,53					
BÅT-4		ALLE									0,53			0,53					
SKIP		ALLE												0,26	0,26		0,26	0,26	
REDSK-2		ALLE									0,53			0,53					
REDSK-4		ALLE									0,53			0,53		0,08			

Tabell A6. PAH-4

Kilde	Sektor	Sektor	Kull	Kull-koks	Petrol-koks	Ved, avlut etc.	Natur-gass	Annen gass	LPG	Bilbensin	Ann.-bensin	Fyr.-paraffin	Annen paraffin	Diesel	Marint	Fyr.olje	Tungdestillat	Tungolje	Spesialavfall
DIREKTE		ALLE	0	0	0		0	0	0						0,04		0,0004	0,0004	0,0004
TURBIN		ALLE					0								0,04				
FAKKEL		ALLE					0	0											
KJELE	Generelt	ALLE	0,024	0,024	0,024	0,016	0	0	0			0,0001		0,0001	0,0001	0,0001	0,0004	0,0004	0,0004
	Industri	231000-233720	0,024												0,0001	0,0001			
	Elprod	234010-234040	0,024																
SMÅOVN		ALLE	2,6	0,4	0,4	2,5			0								0,003		
L1		ALLE								0,125624				0,446809					
L2		ALLE								0,125624				0,446809					
HDV		ALLE								0,21				0,428321					
JERNBANE		ALLE												0,08					
LUFT-LAV		ALLE									0,005		0,005						
LUFT-LAV	Generelt	236203									0,005		0,005						
	Utenriks luftfart	ALLE									0,005		0,005						
LUFT-HØY	Generelt	236203									0		0						
	Utenriks luftfart	ALLE									0,005		0,005						
LUFT-C	Generelt	236203									0		0						
	Utenriks luftfart	ALLE									0,08								
MOTORS		ALLE									0,08								
MOPED		ALLE									0,08								
SNØSCOOT		ALLE									0,08								
BÅT-2		ALLE									0,08			0,08					
BÅT-4		ALLE									0,08			0,08					
SKIP		ALLE												0,04	0,04		0,04	0,04	
REDSK-2		ALLE									0,08			0,08					
REDSK-4		ALLE									0,08			0,08		0,08			

## Resultater

## Vedlegg B

Tabell B1. Bly, kg. 1991-1999

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
UTSLIPP I ALT	141 545	124 527	84 749	21 394	19 735	7 821	7 287	7 380	6 337
STASJONÆR FORBRENNING I ALT	2 457	2 463	2 563	2 749	1 537	1 679	1 709	1 673	1 409
Olje- og gassvirksomhet	8	8	9	12	13	14	16	16	17
- Naturgass	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Fakling	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Dieselbruk	7	8	8	12	12	13	15	14	16
Gassterminal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industri	465	479	571	795	738	856	894	868	605
- Oljeraffinerier	3	4	1	1	1	1	1	1	1
- Treforedling	213	201	200	325	301	356	306	294	263
- Sement kalk og gips	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen mineralsk produksjon	42	32	109	123	138	120	160	144	30
- Petrokjemisk	5	3	11	21	17	26	41	29	26
- Gjødelsproduksjon	14	8	7	9	2	7	17	35	46
- Metallproduksjon	25	26	22	22	18	28	31	36	24
- Annen industri	165	205	220	295	261	318	339	330	215
Andre næringer	41	32	35	42	35	47	41	38	40
Boliger	108	99	105	111	108	116	113	109	106
Forbrenning av avfall og deponigass	1 810	1 828	1 824	1 773	626	626	626	626	626
Annen forbrenning	24	15	19	15	18	19	18	16	15
PROSESSUTSLIPP I ALT	6 897	5 672	5 385	5 388	5 121	5 269	4 908	5 053	4 208
Olje- og gassvirksomhet	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gassterminal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utvinning av kull	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bensindistribusjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Treforedling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kjemisk produksjon	1 031	1 031	721	481	511	451	468	483	357
- Gjødelsproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Karbidproduksjon	1 031	1 031	721	481	511	451	468	483	357
- Petrokjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen kjemisk	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineralsk produksjon	1 625	1 624	1 613	1 248	1 477	1 501	1 135	990	331
- Sementproduksjon	93	93	93	93	128	128	128	128	128
- Annen mineralsk	1 533	1 531	1 520	1 155	1 348	1 373	1 007	862	202
Metallproduksjon	4 150	2 926	2 961	3 565	3 039	3 223	3 211	3 487	3 425
- Jern, stål og ferrolegeringer	3 564	2 340	2 374	2 978	2 455	2 639	2 627	2 936	2 897
- Aluminium	556	556	556	556	556	556	556	523	500
- Andre metaller	31	31	31	31	28	28	28	28	28
- Metaller: anodeproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Landbruk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avfallsdeponigass	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Løsemidler	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruver	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prod. brød og øl (gjæring)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalking: industriavfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kommunale avløp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Veistøv	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bildekkslitasje	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Asfaltverk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bruk av produkter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andre prosessutslipp	-	-	-	4	4	4	4	4	5
MOBIL FORBRENNING I ALT	132 191	116 392	76 801	13 257	13 077	873	669	654	720
Veitrafikk	126 800	111 525	73 428	12 281	12 128	363	169	177	184
- Bensinkjøretøyer	125 544	110 365	72 606	12 061	11 893	241	47	48	47
-- Lette kjøretøy: bensin	124 600	109 547	72 021	11 971	11 790	239	47	47	47
-- Tunge kjøretøy: bensin	944	818	585	90	103	2	0	0	0
- Dieselskjøretøyer	80	89	104	98	108	119	121	129	136
-- Lette kjøretøy: diesel	20	23	28	30	32	35	41	47	50
-- Tunge kjøretøy: diesel	60	66	77	68	76	84	80	82	86
- Motorsykkel - moped	1 176	1 071	718	122	127	3	1	1	1
-- Motorsykkel	555	522	369	67	74	2	0	0	1
-- Moped	621	548	350	55	53	1	0	0	0
Snøscooter	257	238	160	27	27	1	0	0	0
Småbåt	2 975	2 680	1 768	296	296	7	3	3	3
Motorredskap	1 371	1 231	823	160	159	27	24	23	23
- Motorredskap, bensin	1 347	1 208	802	136	135	3	1	1	1
-- Motorredskap: bensin 2-takt	97	83	58	11	11	0	0	0	0
-- Motorredskap: bensin 4-takt	1 250	1 126	745	124	124	2	0	0	0
- Motorredskap: diesel	24	23	21	24	24	24	24	23	23
Jernbane	3	3	3	3	3	2	2	2	2
Luftfart	396	375	357	350	318	340	325	300	355
- Innenriks < 1000 m	394	373	355	348	315	337	322	296	352
- Utenriks < 1000 m	2	2	2	2	2	3	3	3	4
- Innenriks > 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skip og båter	390	340	262	140	147	134	145	149	153
- Kysttrafikk mm.	102	86	81	70	76	76	85	89	95
- Fiske	280	247	175	64	65	49	49	50	50
- Mobile oljerigger mm.	8	8	7	6	6	8	11	10	8



Tabell B2. Kadmium. kg. 1991-1999

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
UTSLIPP I ALT	1 677	1 665	1 738	1 290	1 119	1 157	1 189	1 226	1 062
STASJONÆR FORBRENNING I ALT	488	466	489	526	478	497	506	488	480
Olje- og gassvirksomhet	5	5	6	6	7	7	8	8	8
- Naturgass	4	4	4	5	5	5	5	5	5
- Fakling	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Dieselbruk	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Gassterminal	0	0	0	1	1	1	1	0	1
Industri	225	221	222	258	259	264	271	267	259
- Oljeraffinerier	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Treforedling	174	172	168	197	201	196	198	190	188
- Sement kalk og gips	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen mineralsk produksjon	4	3	6	6	7	7	8	7	2
- Petrokjemi	1	0	1	2	2	3	4	4	3
- Gjødselproduksjon	1	1	1	1	0	1	1	3	5
- Metallproduksjon	2	3	2	2	2	3	2	2	2
- Annen industri	43	42	45	50	47	55	57	60	59
Andre næringer	4	3	3	4	4	5	5	5	5
Boliger	120	120	134	147	142	150	154	145	145
Forbrenning av avfall og deponiggass	95	95	95	89	41	41	41	41	41
Annen forbrenning	38	21	29	21	26	28	27	22	20
PROSESSUTSLIPP I ALT	1 143	1 155	1 205	721	596	614	635	689	533
Olje- og gassvirksomhet	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gassterminal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utvinning av kull	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bensindistribusjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Treforedling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kjemisk produksjon	94	94	90	87	88	87	78	65	62
- Gjødselproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Karbidproduksjon	94	94	90	87	88	87	78	65	62
- Petrokjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen kjemisk	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineralsk produksjon	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Sementproduksjon	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Annen mineralsk	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metallproduksjon	994	1 005	1 064	581	456	474	505	577	428
- Jern, stål og ferrolegeringer	244	255	314	331	206	274	255	327	298
- Aluminium	50	50	50	50	50	50	50	50	50
- Andre metaller	700	700	700	200	200	150	200	200	80
- Metaller: anodeproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Landbruk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Løsemidler	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruver	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prod. brød og øl (gjæring)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalking: industriavfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kommunale avløp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Veistøv	47	48	43	44	44	44	43	39	34
Bildekkslitasje	7	8	8	8	7	8	8	8	8
Asfaltverk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bruk av produkter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andre prosessutslipp	-	-	-	0	0	0	0	0	0
MOBIL FORBRENNING I ALT	46	43	44	43	44	46	48	49	50
Veitrafikk	25	25	27	26	27	28	28	29	30
- Bensinkjøretøyer	17	16	16	16	16	16	16	16	16
-- Lette kjøretøy: bensin	16	16	16	16	16	16	16	16	16
-- Tunge kjøretøy: bensin	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Dieselskjøretøyer	8	9	10	10	11	12	12	13	14
-- Lette kjøretøy: diesel	2	2	3	3	3	4	4	5	5
-- Tunge kjøretøy: diesel	6	7	8	7	8	8	8	8	9
- Motorsykkel - moped	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-- Motorsykkel	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-- Moped	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Snøscooter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Småbåt	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motorredskap	3	2	2	3	3	3	3	2	2
- Motorredskap, bensin	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-- Motorredskap: bensin 2-takt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-- Motorredskap: bensin 4-takt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Motorredskap: diesel	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Jernbane	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luftfart	1	1	1	1	1	2	2	2	2
- Innenriks < 1000 m	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Utenriks < 1000 m	0	0	0	0	0	0	0	0	1
- Innenriks > 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skip og båter	16	14	13	12	12	13	15	15	15
- Kysttrafikk mm.	10	9	8	7	8	8	9	9	9
- Fiske	5	4	4	4	4	5	5	5	5
- Mobile oljerigger mm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabell B3. Kvikksølv. kg. 1991-1999

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
UTSLIPP I ALT	1 636	1 484	1 177	1 247	1 158	1 186	1 204	1 153	1 198
STASJONÆR FORBRENNING I ALT	586	571	584	652	588	626	621	607	606
Olje- og gassvirksomhet	6	7	7	9	9	10	11	11	12
- Naturgass	2	2	3	3	3	3	3	3	3
- Fakling	0	0	0	0	0	1	0	1	1
- Dieselbruk	4	4	4	6	6	7	7	7	8
Gassterminal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industri	262	251	248	299	289	309	305	302	295
- Oljeraffinerier	1	1	0	0	0	0	0	0	0
- Treforedling	180	176	174	214	214	217	213	205	200
- Sement kalk og gips	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen mineralsk produksjon	8	6	6	6	7	8	7	6	4
- Petrokjemi	1	1	3	5	4	6	9	7	5
- Gjødselproduksjon	3	2	1	2	0	2	2	4	5
- Metallproduksjon	5	6	5	5	4	6	4	4	5
- Annen industri	64	60	60	67	60	71	70	77	75
Andre næringer	17	15	14	18	17	23	18	18	19
Boliger	132	130	144	157	151	162	164	155	155
Forbrenning av avfall og deponigass	99	99	99	99	52	52	52	52	53
Annen forbrenning	69	70	71	72	69	70	71	69	72
PROSESSUTSLIPP I ALT	930	793	466	472	440	419	437	394	433
Olje- og gassvirksomhet	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gassterminal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utvinning av kull	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bensindistribusjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Treforedling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kjemisk produksjon	72	62	63	64	61	67	89	24	11
- Gjødselproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Karbidproduksjon	2	2	2	2	2	2	2	2	2
- Petrokjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen kjemisk	70	60	61	62	59	65	87	22	9
Mineralsk produksjon	26	26	28	30	21	24	42	51	35
- Sementproduksjon	26	26	28	30	21	24	42	51	35
- Annen mineralsk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metallproduksjon	613	607	290	280	281	246	249	272	343
- Jern, stål og ferrolegeringer	602	596	278	269	270	234	237	261	331
- Aluminium	4	4	4	4	4	4	4	4	4
- Andre metaller	7	7	7	7	7	7	7	7	8
- Metaller: anodeproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Landbruk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avfallsdeponigass	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Løsemidler	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gruver	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prod. brød og øl (gjæring)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalking: industriavfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kommunale avløp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Veistøv	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bildekkslitasje	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Asfaltverk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bruk av produkter	217	96	83	95	75	80	55	45	42
Andre prosessutslipp	-	-	-	0	0	0	0	0	0
MOBIL FORBRENNING I ALT	120	120	127	123	130	140	146	151	159
Veitrafikk	40	44	52	49	54	59	61	64	68
- Bensinkjøretøyer	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- - Lette kjøretøy: bensin	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- - Tunge kjøretøy: bensin	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Dieselskjøretøyer	40	44	52	49	54	59	61	64	68
- - Lette kjøretøy: diesel	10	12	14	15	16	18	21	23	25
- - Tunge kjøretøy: diesel	30	33	38	34	38	42	40	41	43
- Motorsykkel - moped	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- - Motorsykkel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- - Moped	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Snøscooter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Småbåt	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Motorredskap	12	11	11	12	12	12	12	11	11
- Motorredskap, bensin	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- - Motorredskap: bensin 2-takt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- - Motorredskap: bensin 4-takt	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Motorredskap: diesel	12	11	11	12	12	12	12	11	11
Jernbane	1	2	2	2	2	1	1	1	1
Luftfart	4	4	4	4	4	5	5	5	6
- Innenriks < 1000 m	3	3	3	3	3	4	4	4	4
- Utenriks < 1000 m	1	1	1	1	1	1	1	1	2
- Innenriks > 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skip og båter	63	58	58	56	58	63	67	69	72
- Kysttrafikk mm.	36	34	36	32	34	35	37	39	44
- Fiske	23	20	20	21	21	24	24	25	25
- Mobile oljerigger mm.	4	4	3	3	3	4	6	5	4

**Tabell B4. PAH total. kg. 1991-1999**

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
UTSLIPP I ALT	152 945	145 316	154 711	156 615	154 921	160 707	162 251	157 041	148 545
STASJONÆR FORBRENNING I ALT	58 407	53 902	61 567	64 739	63 057	66 887	68 427	63 314	62 899
Olje- og gassvirksomhet	429	749	425	646	442	615	712	543	490
- Naturgass	33	35	37	38	39	43	47	46	44
- Fakling	278	592	255	423	215	360	428	266	197
- Dieselbruk	118	122	133	185	188	211	238	231	249
Gassterminal	2	2	3	4	4	5	4	4	4
Industri	408	406	408	447	452	428	469	460	465
- Oljeraffinerier	10	12	13	13	11	12	13	13	13
- Treforedling	271	267	258	291	300	285	294	281	280
- Sement kalk og gips	19	22	30	32	32	32	34	33	32
- Annen mineralsk produksjon	7	7	7	9	11	11	11	11	10
- Petrokjemi	36	37	36	37	31	13	39	42	42
- Gjødselproduksjon	0	0	0	0	0	0	0	0	1
- Metallproduksjon	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Annen industri	62	58	62	65	67	73	76	80	88
Andre næringer	7	6	5	6	7	8	7	8	8
Boliger	44 838	45 077	50 692	55 938	53 797	56 793	58 548	55 158	55 115
Forbrenning av avfall og deponigass	997	983	1 064	1 095	344	332	344	351	385
Annen forbrenning	11 725	6 679	8 969	6 604	8 011	8 707	8 341	6 790	6 432
PROSESSUTSLIPP I ALT	84 524	81 131	82 294	81 669	81 578	83 353	83 642	83 586	75 437
Olje- og gassvirksomhet	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gassterminal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utvinning av kull	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bensindistribusjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Treforedling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kjemisk produksjon	2 080	2 078	2 270	2 441	2 500	2 268	2 339	2 343	1 968
- Gjødselproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Karbidproduksjon	2 080	2 078	2 270	2 441	2 500	2 268	2 339	2 343	1 968
- Petrokjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen kjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineralsk produksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Sementproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen mineralsk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metallproduksjon	64 133	60 740	61 723	60 925	60 776	62 782	63 002	62 954	55 192
- Jern, stål og ferrolegeringer	1 043	950	1 033	1 165	1 216	1 222	1 239	1 234	1 342
- Aluminium	57 490	57 590	57 490	57 310	57 110	59 110	59 313	59 190	52 050
- Andre metaller	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Metaller: anodeproduksjon	5 600	2 200	3 200	2 450	2 450	2 450	2 450	2 530	1 800
Landbruk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avfallsdeponigass	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Løsemidler	17 885	17 885	17 885	17 885	17 885	17 885	17 885	17 885	17 885
Gruver	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prod. brød og øl (gjæring)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalking: industriavfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kommunale avløp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Veistøv	129	130	119	121	120	122	118	106	95
Bildekklitasje	287	287	287	287	287	287	287	287	287
Asfaltverk	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Bruk av produkter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andre prosessutslipp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MOBIL FORBRENNING I ALT	10 014	10 283	10 849	10 207	10 286	10 466	10 182	10 141	10 209
Veitrafikk	7 214	7 496	8 045	7 371	7 411	7 444	7 041	6 976	6 895
- Bensinkjøretøyer	3 226	3 077	2 939	2 763	2 523	2 302	2 002	1 808	1 592
- - Lette kjøretøy: bensin	3 201	3 053	2 913	2 739	2 496	2 275	1 973	1 784	1 571
- - Tunge kjøretøy: bensin	25	24	26	24	27	27	30	24	21
- Dieselskjøretøyer	3 957	4 387	5 074	4 575	4 854	5 106	4 998	5 122	5 254
- - Lette kjøretøy: diesel	867	1 010	1 210	1 299	1 410	1 530	1 794	2 039	2 202
- - Tunge kjøretøy: diesel	3 090	3 377	3 863	3 276	3 445	3 576	3 204	3 084	3 052
- Motorsykkel - moped	31	31	32	32	34	36	40	45	49
- - Motorsykkel	15	15	16	18	20	23	27	31	36
- - Moped	16	16	16	15	14	14	14	14	14
Snøscooter	7	7	7	7	7	7	8	8	9
Småbåt	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Motorredskap	811	782	727	813	805	814	816	772	784
- Motorredskap, bensin	36	35	36	36	36	36	36	36	36
- - Motorredskap: bensin 2-takt	3	2	3	3	3	3	3	3	3
- - Motorredskap: bensin 4-takt	33	33	33	33	33	33	33	33	33
- Motorredskap: diesel	775	747	691	776	769	778	780	736	748
Jernbane	96	102	107	110	108	73	77	60	57
Luftfart	45	48	46	52	53	59	63	64	74
- Innenriks < 1000 m	38	41	38	44	47	50	52	52	58
- Utenriks < 1000 m	7	8	8	8	6	9	11	12	16
- Innenriks > 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skip og båter	1 716	1 722	1 792	1 729	1 776	1 942	2 052	2 135	2 266
- Kysttrafikk mm.	898	961	1 060	976	1 011	1 063	1 091	1 172	1 338
- Fiske	684	638	628	660	669	748	785	808	798
- Mobile oljerigger mm.	134	124	105	94	96	131	177	155	130

Tabell B5. PAH-6. kg. 1991-1999

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
UTSLIPP I ALT	40 050	37 075	39 705	39 088	39 110	40 622	40 740	39 427	35 800
STASJONÆR FORBRENNING I ALT	13 767	11 510	13 508	13 395	13 425	14 282	14 451	13 107	12 923
Olje- og gassvirksomhet	76	140	74	116	75	108	126	92	81
- Naturgass	2	2	2	2	2	2	3	3	2
- Fakling	55	118	50	84	42	71	85	52	38
- Dieselbruk	19	20	22	30	31	34	39	38	41
Gassterminal	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industri	134	131	131	144	148	144	151	148	150
- Oljeraffinerier	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Treforedling	103	102	98	110	114	108	112	107	106
- Sement kalk og gips	2	3	4	4	4	4	4	4	4
- Annen mineralsk produksjon	2	2	2	2	3	3	3	3	3
- Petrokjemi	3	3	3	3	2	1	3	4	3
- Gjødselproduksjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Metallproduksjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Annen industri	23	21	23	24	25	27	28	29	32
Andre næringer	2	2	2	2	2	3	2	3	3
Boliger	7 940	7 964	8 945	9 864	9 486	9 998	10 311	9 721	9 701
Forbrenning av avfall og deponigass	279	275	298	306	92	88	92	94	103
Annen forbrenning	5 336	2 997	4 059	2 963	3 622	3 941	3 769	3 051	2 886
PROSESSUTSLIPP I ALT	22 462	21 584	21 912	21 716	21 648	22 231	22 316	22 341	18 884
Olje- og gassvirksomhet	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gassterminal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utvinning av kull	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bensindistribusjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Treforedling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kjemisk produksjon	624	623	681	732	750	680	702	703	590
- Gjødselproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Karbidproduksjon	624	623	681	732	750	680	702	703	590
- Petrokjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen kjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineralsk produksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Sementproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen mineralsk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metallproduksjon	19 913	19 035	19 310	19 062	18 977	19 629	19 694	19 723	16 382
- Jern, stål og ferrolegeringer	313	285	310	349	365	366	372	370	402
- Aluminium	18 200	18 200	18 200	18 100	18 000	18 650	18 710	18 720	15 530
- Andre metaller	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Metaller: anodeproduksjon	1 400	550	800	613	613	613	613	633	450
Landbruk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avfallsdeponigass	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Løsemidler	1 637	1 637	1 637	1 637	1 637	1 637	1 637	1 637	1 637
Gruver	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prod. brød og øl (gjæring)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalking: industriavfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kommunale avløp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Veistøv	52	52	47	48	48	49	47	42	38
Bildekkslitasje	236	236	236	236	236	236	236	236	236
Asfaltverk	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bruk av produkter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andre prosessutslipp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MOBIL FORBRENNING I ALT	3 821	3 981	4 285	3 977	4 036	4 110	3 973	3 979	3 993
Veitrafikk	3 359	3 522	3 822	3 510	3 564	3 614	3 458	3 460	3 451
- Bensinkjøretøyer	1 333	1 274	1 222	1 155	1 063	981	866	793	710
- - Lette kjøretøy: bensin	1 321	1 262	1 209	1 143	1 049	967	851	781	700
- - Tunge kjøretøy: bensin	12	12	13	12	14	14	15	12	11
- Dieselskjøretøyer	2 018	2 240	2 592	2 347	2 492	2 623	2 581	2 654	2 727
- - Lette kjøretøy: diesel	473	551	661	709	769	835	979	1 112	1 201
- - Tunge kjøretøy: diesel	1 545	1 689	1 932	1 638	1 722	1 788	1 602	1 542	1 526
- Motorsykel - moped	8	8	8	9	9	10	11	12	13
- - Motorsykel	4	4	4	5	5	6	7	8	9
- - Moped	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Snøscooter	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Småbåt	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Motorredskap	134	130	121	135	133	135	135	128	130
- Motorredskap, bensin	9	9	9	10	10	10	10	10	10
- - Motorredskap: bensin 2-takt	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- - Motorredskap: bensin 4-takt	9	9	9	9	9	9	9	9	9
- Motorredskap: diesel	125	120	111	125	124	125	125	118	120
Jernbane	15	16	17	18	17	12	12	10	9
Luftfart	2	2	2	3	3	3	3	3	4
- Innenriks < 1000 m	2	2	2	2	2	2	2	2	3
- Utenriks < 1000 m	0	0	0	0	0	1	1	1	1
- Innenriks > 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skip og båter	279	281	292	282	289	316	334	348	369
- Kysttrafikk mm.	146	156	172	159	164	173	177	190	217
- Fiske	112	104	103	108	109	122	128	132	130
- Mobile oljerigger mm.	22	20	17	15	16	21	29	25	21

Tabell B6. PAH-4. kg. 1991-1999

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
UTSLIPP I ALT	14 540	13 903	14 642	14 641	14 659	15 177	15 254	14 862	13 729
STASJONÆR FORBRENNING I ALT	4 068	3 584	4 168	4 277	4 272	4 535	4 615	4 238	4 199
Olje- og gassvirksomhet	8	15	8	13	9	12	14	11	10
- Naturgass	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Fakling	5	12	5	8	4	7	8	5	4
- Dieselbruk	3	3	3	5	5	5	6	6	6
Gassterminal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Industri	33	32	32	35	36	35	37	36	37
- Oljeraffinerier	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Treforedling	27	26	26	29	30	28	29	28	28
- Sement kalk og gips	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Annen mineralsk produksjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Petrokjemi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Gjødselproduksjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Metallproduksjon	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Annen industri	5	5	5	6	6	6	7	7	8
Andre næringer	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boliger	2 887	2 902	3 264	3 602	3 464	3 657	3 770	3 552	3 549
Forbrenning av avfall og deponigass	12	12	13	13	5	4	5	5	5
Annen forbrenning	1 128	623	851	615	758	826	789	634	598
PROSESSUTSLIPP I ALT	9 568	9 384	9 474	9 442	9 459	9 705	9 748	9 741	8 653
Olje- og gassvirksomhet	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Oljeboring: lekkasjer	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Utvinning: venting mm.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Oljelasting offshore	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Oljelasting onshore	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gassterminal	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Utvinning av kull	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bensindistribusjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Treforedling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kjemisk produksjon	312	312	341	366	375	340	351	351	295
- Gjødselproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Karbidproduksjon	312	312	341	366	375	340	351	351	295
- Petrokjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen kjemisk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mineralsk produksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Sementproduksjon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Annen mineralsk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metallproduksjon	9 076	8 892	8 955	8 897	8 905	9 186	9 218	9 212	8 181
- Jern, stål og ferrolegeringer	156	142	155	175	182	183	186	185	201
- Aluminium	8 640	8 640	8 640	8 600	8 600	8 880	8 910	8 900	7 890
- Andre metaller	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Metaller: anodeproduksjon	280	110	160	123	123	123	123	127	90
Landbruk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Husdyr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Husdyrgjødsel	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Nitrogengjødsling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Kalking: jordbruk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Andre landbruksutslipp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avfallsdeponigass	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Løsemidler	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Gruver	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prod. brød og øl (gjæring)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalking: industriavfall	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kommunale avløp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Veistøv	12	12	11	11	11	11	11	9	8
Bildekkslitasje	165	165	165	165	165	165	165	165	165
Asfaltverk	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bruk av produkter	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Andre prosessutslipp	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MOBIL FORBRENNING I ALT	904	935	999	921	928	937	891	883	877
Veitrafikk	833	865	928	849	855	861	812	803	794
- Bensinkjøretøyer	377	361	346	327	300	277	244	223	199
-- Lette kjøretøy: bensin	375	358	343	324	297	274	241	221	197
-- Tunge kjøretøy: bensin	3	3	3	3	3	3	3	3	2
- Dieselskjøretøyer	454	503	581	521	554	583	567	578	592
-- Lette kjøretøy: diesel	89	103	124	133	144	157	184	209	225
-- Tunge kjøretøy: diesel	366	400	457	389	409	426	383	370	367
- Motorsykkel - moped	1	1	1	1	1	1	2	2	2
-- Motorsykkel	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-- Moped	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Snøscooter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Småbåt	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Motorredskap	20	20	18	21	20	20	21	20	20
- Motorredskap, bensin	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-- Motorredskap: bensin 2-takt	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-- Motorredskap: bensin 4-takt	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Motorredskap: diesel	19	18	17	19	19	19	19	18	18
Jernbane	2	2	3	3	3	2	2	1	1
Luftfart	1	1	1	1	1	1	1	1	1
- Innenriks < 1000 m	0	0	0	1	1	1	1	1	1
- Utenriks < 1000 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- Innenriks > 1000 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skip og båter	43	43	45	43	44	49	51	53	57
- Kysttrafikk mm.	22	24	26	24	25	27	27	29	33
- Fiske	17	16	16	17	17	19	20	20	20
- Mobile oljerigger mm.	3	3	3	2	2	3	4	4	3

## Vedlegg C

## Beregning av utslipp i 1990

Utslppsdata for 1990 er av tekniske grunner ikke lagt inn i utslippsmodellen. Utslipp i 1990 er beregnet forenklet ut fra dataene som er beregnet for 1991. Utslipp fra industrien er stort sett forutsatt likt i 1990 og 1991. I de få tilfellene det foreligger særskilt informasjon om utslipp i 1990 er denne brukt (se beskrivelse av hver enkelt utslippskilde). Det er korrigert for endringer i aktivitetsnivået, dette har mest

å si for utslipp fra vedfyring i husholdningene. Det er videre korrigert for forskjeller i blyinnholdet i bensin og salget av blyfri bensin. De gjennomsnittlige utslippsfaktorene for lette kjøretøy ble noe redusert fra 1990 til 1991. Dette er det også korrigert for.

Aggregert datasett for 1990 er vist i tabellen under.

Tabell C1. Utslipp i 1990. Forenklet beregning. Tonn

	Bly	Cd	Hg	PAH-Total	PAH-6	PAH-4
UTSLIPP I ALT	186,8	1,7	1,8	158,8	41,2	14,9
STASJONÆR FORBRENNING I ALT	2,5	0,5	0,6	63,9	14,7	4,4
Olje- og gassvirksomhet	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0
Gassterminal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industri	0,5	0,3	0,3	0,4	0,1	0,0
Andre næringer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Boliger	0,1	0,1	0,1	50,3	8,9	3,2
Forbrenning av avfall og deponigass	1,8	0,1	0,1	1,0	0,3	0,0
Annen forbrenning	0,0	0,0	0,1	11,7	5,3	1,1
PROSESSUTSLIPP I ALT	7,0	1,2	1,0	84,5	22,5	9,6
Olje- og gassvirksomhet	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gassterminal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Utvinning av kull	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bensindistribusjon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Raffinering	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Treforedling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kjemisk produksjon	1,0	0,1	0,1	2,1	0,6	0,3
- Gjødselproduksjon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Karbidproduksjon	1,0	0,1	0,0	2,1	0,6	0,3
- Petrokjemisk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Annen kjemisk	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Mineralsk produksjon	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Sementproduksjon	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Annen mineralsk	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Metallproduksjon	4,3	1,0	0,6	64,1	19,9	9,1
- Jern, stål og ferrolegeringer	3,7	0,3	0,6	1,0	0,3	0,2
- Aluminium	0,6	0,1	0,0	57,5	18,2	8,6
- Andre metaller	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
- Metaller: anodeproduksjon	0,0	0,0	0,0	5,6	1,4	0,3
Landbruk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Avfallsdeponigass	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Løsemidler	0,0	0,0	0,0	17,9	1,6	0,0
Gruver	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Prod. brød og øl (gjæring)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Veistøv	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Bildekkslitasje	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2
Asfaltverk	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bruk av produkter	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Andre prosessutslipp	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MOBIL FORBRENNING I ALT	177,2	0,0	0,1	10,4	4,0	0,9
Veitrafikk	170,4	0,0	0,0	7,5	3,5	0,9
- Bensinkjøretøyer	168,8	0,0	0,0	3,5	1,4	0,4
- Dieselskjøretøyer	0,1	0,0	0,0	4,0	2,0	0,4
- Motorsykkel - moped	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Snøscooter	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Småbåt	3,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Motorredskap	1,8	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0
Jernbane	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Luftfart	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Skip og båter	0,5	0,0	0,1	1,7	0,3	0,0

## **Tidligere utgitt på emneområdet**

*Previously issued on the subject*

### **Rapporter (RAPP)**

2000/1: The Norwegian Emission Inventory.  
Documentation of methodology and data for  
estimating emissions of greenhouse gases  
and long-range transboundary air pollutants.

### **Statistiske analyser (SA)**

34: Naturressurser og miljø 2000.  
37: Natural Resources and the Environment  
2000. Norway

**De sist utgitte publikasjonene i serien Rapporter***Recent publications in the series Reports*

- 2000/21 M. Torsvik: Etterspørsel og utgifter til pleie og omsorg. 2000. 25s. 140 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4827-2
- 2000/22 M. Bråthen og T. Pedersen: Evaluering av ordinære arbeidsmarkedstiltak - Deltakere i 1999. 2000. 36s. 140 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4833-7
- 2000/23 G. Haakonsen: Utslipp til luft i Oslo, Bergen, Drammen og Lillehammer 1991-1997. Fordeling på utslippkilder og bydeler. 2000. 39s. 140 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4835-3
- 2000/24 G.M. Pilskog og E. Sverrbo: Bruk av informasjons- og kommunikasjonsteknologi i næringslivet 1999: Undertittel. 2000. 50s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4838-8
- 2000/25 T. Lappgård: Frukbarhetsmønstre blant innvandrerkvinner i Norge. 2000. 54s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4839-6
- 2000/26 T.A. Johnsen, F.R. Aune og A. Vik: The Norwegian Electricity Market: Is There Enough Generation Capacity Today and Will There Be Sufficient Capacity in Coming Years?. 2000. 49s. 140 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4859-0
- 2000/27 K. Mork, T. Smith og J. Hass: Ressurs-innsats, utslipp og rensing i den kommunale avløpssektoren. 1999. 2000. 66s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4862-0
- 2000/28 A. Thomassen: Byggekostnadsindeks for boliger. Definisjoner og beregningsmetode. Vekter og representantvarer 2000. 2000. 72s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4867-1
- 2001/1 Use of ICT in Nordic enterprises 1999/ 2000. 2001. 28s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4873-6
- 2001/2 B. Havorsen, B.M. Larsen og R. Nesbakken: Hvordan utnytte resultater fra mikroøkonomiske analyser av husholdningenes energiforbruk i makromodeller? En diskusjon av teoretisk og empirisk litteratur og aggregering. 59s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4879-5
- 2001/3 M. Rønsen: Market work, child care and the division of household labour. Adaptations of Norwegian mothers before and after the cash-for-care reform. 2001. 35s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4881-7
- 2001/4 A.L. Brathaug, H. Brunborg, E. Skretting Lunde, E. Nørgaard og Å. Vigran: Utviklingen av aldersrelaerte helse-, pleie og omsorgsutgifter. 2001. 46s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4900-7
- 2001/5 L. Håkonsen, T. Kornstad, K. Løyland og T. O. Thoresen: Kontantstøtten- effekter på arbeidstilbud og inntektsfordeling. 2001. 67s. 180 kr inkl.mva. ISBN 82-537-4901-5
- 2001/6 B. Tornsjø: Utslipp til luft fra innenriks sjøfart, fiske og annen sjøtrafikk mellom norske havner. 2001. 36s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4903-1
- 2001/7 M. Sollie og I. Svendsen: En økonometrisk studie av arbeidstilbudet i Norge. 2001. 94s. 150 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4907-4
- 2001/8 E. Nørgaard: Finansiering av helse- og sosialutgifter i Norge 1990-1998. 2001. 45s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4908-2
- 2001/9 J. Epland: Barn i husholdninger med lav inntekt: Omfang, utvikling, årsaker. 2001. 43s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4925-2
- 2001/11 L.H. Thingstad: Avanseundersøking for engroshandel. 2001. 63s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4919-8
- 2001/12 J. Holmøy: Pleie- og omsorgstjenester 1995-1999: Noen hovedtall basert på GERIX-data. 2001. 69s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4927-9
- 2001/13 H.M. Edvardsen: Hovedstadsområdets nasjonale rolle, del 1: Hovedstadsregionens plass i den regionale arbeidsdeling. Hvordan er næringskonsentrasjonene i regionen knyttet til næringskonsen-trasjonene i resten av landet? 2001. 39s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-4928-7
- 2001/15 E. Kvingedal: Indikatorer for energibruk og utslipp til luft i industri- og energisektorene. 2001. 38s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537.4930-9