

Anne Finstad, Gisle Haakonsen, Kristin Rypdal

**Utslipp til luft av partikler 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, august 2003
Ved bruk av materiale fra denne publikasjonen,
vennligst oppgi Statistisk sentralbyrå som kilde.

ISBN 82-537-6424-3 Trykt versjon
ISBN 82-537-6425-1 Elektronisk versjon
ISSN 0806-2056

Emnegruppe

01.04.10

Design: Enzo Finger Design
Trykk: Statistisk sentralbyrå/210

Standardtegn i tabeller	Symbols in tables	Symbol
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Tall kan ikke offentliggjøres	Not for publication	: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	
Desimalskilletegn	Decimal punctuation mark	,(,)

Sammendrag

Anne Finstad, Gisle Haakonsen, Kristin Rypdal

Utslipp til luft av partikler i Norge - Dokumentasjon av metode og resultater

Rapporter 2003/15 • Statistisk sentralbyrå 2003

I dette arbeidet er det samlet informasjon om utslipp til luft av partikler i Norge. Dataene er basert på utslipp rapportert direkte fra store bedrifter og forbrenningsanlegg til Statens forurensningstilsyn og på beregninger basert på aktivitetsdata og utslippsfaktorer.

Utslipp til luft av partikler er viktig for lokal luftkvalitet. Ved eksponering for partikler økes blant annet risikoen for hoste, bronkitt og bihulebetennelse. Det kan forverre sykdom hos folk med kroniske luftveislidelser og i verste fall framskynde dødsfall. Utslippene påvirker også klimaet og bidrar til transport av bl.a. miljøgifter over større avstander. Klimaeffekten varierer med partikkelsammensetning, da noen partikler har en avkjølede effekt på jorda fordi de reflekterer sollys, mens andre bidrar tvert imot til oppvarming ved å absorbere sollyset.

Det norske utslippsregnskapet skiller nå mellom de tre partikkelfraksjonene TSP ("totale utslipp"), PM_{10} med diameter under 10 μm og $PM_{2,5}$ med diameter under 2,5 μm . Tidligere omfattet det norske utslippsregnskapet kun utslipp av PM_{10} fra forbrenningskilder og $PM_{2,5}$ og PM_{10} fra veistøv.

I dette arbeidet er utslippsfaktorene revidert basert på ny kunnskap, prosessutslipp fra industrien er blitt inkludert og utslipp fra andre utslippskilder er blitt vurdert (f.eks. slitasje av bildekk og bremseklosser).

De totale utslippene av de tre partikkelfraksjonene omtalt i dette arbeidet var 79,9 ktonn TSP, 64,4 ktonn PM_{10} og 54,4 ktonn $PM_{2,5}$ i 2001. Avhengig av fraksjon er utslippene redusert med 7-10 prosent fra 1990 og 3-7 prosent fra 1995 til 2001. Utslippene er redusert som følge av mindre halmbrenning, installering av rensesystemer ved kommunale avfallsanlegg og i prosessindustrien, mer bruk av piggfrie dekk og strengere avgasskrav for bensin- og dieselmotorer.

Utslipp fra vedfyring er den største kilden til partikkelutslipp til luft. 52 prosent av alt utslipp av TSP kom fra vedfyring i 2001. For PM_{10} og $PM_{2,5}$ sto vedfyring for henholdsvis 64 og 69 prosent av de totale utslippene. Utslipp fra mineralsk produksjon og veistøv er etter vedfyring de viktigste kildene til utslipp av TSP. For PM_{10} og $PM_{2,5}$ er imidlertid utslipp fra metallproduksjon den viktigste kilden etter vedfyring. Avgassutslipp fra bensin- og dieselmotorer sto for kun 3-4 prosent av de totale partikkelutslippene i 2001.

Det er viktig å merke seg forskjellen mellom utslipp til luft og lokal luftkvalitet eller konsentrasjoner. Tallene som presenteres i dette arbeidet er utslipp til luft, det vil her si den mengden partikler som kommer ut fra pipa, eksosrøret eller lignende. Dette må ikke forveksles med lokal luftkvalitet eller konsentrasjoner. Da tenker man på den mengden av stoffene som faktisk kan pustes inn. I konsentrasjonsberegninger blir det tatt hensyn til at utslipp fra vedfyring slippes ut høyere oppe enn for eksempel eksos fra bilene, slik at vedfyringsutslipp ofte fortynnes mer før vi kan puste det inn. Derfor er ofte ett tonn partikler fra vedfyring mindre viktig for konsentrasjonen ved bakkenivå enn ett tonn fra eksos, siden sistnevnte slippes ut i en høyde der mennesker oppholder seg. Været betyr svært mye for effekten av vedfyring på luftkvaliteten i et område.

Prosjektstøtte: Statens forurensningstilsyn.

Innhold

Forord	6
1. Oppsummering	7
2. Innledning	9
2.1. Om partikkelutslipp	9
2.2. Skadevirkninger.....	9
2.3. Tiltak	10
2.4. Definisjoner	10
2.5. Metode	10
3. Beregningsmetoder og valg av utslippsfaktorer for den enkelte utslippskilde	12
3.1. Datakilder.....	12
3.2. Utslipp fra stasjonær forbrenning	12
3.3. Prosessutslipp	23
3.4. Utslipp fra mobil forbrenning	35
4. Resultater	38
4.1. Stasjonær forbrenning.....	38
4.2. Prosessutslipp	39
4.3. Mobil forbrenning	39
Referanser	41
Tidligere utgitt på emneområdet	44
De sist utgitte publikasjonene i serien Rapporter	45

Forord

Formålet med dette arbeidet har vært å lage en fullstendig oversikt over utslipp av partikler i Norge. Utslipptallene skal rapporteres til LRTAP selv om det foreløpig ikke er noen utslippsforpliktelser knyttet til disse partikkelfraksjonene. Dataene er basert på utslipp rapportert direkte fra store bedrifter og forbrenningsutslipp til Statens forurensningstilsyn og på beregninger basert på aktivitetsdata og utslippsfaktorer fra andre kilder. Dataene skiller mellom de tre partikkelfraksjonene, TSP ("total suspended particles"), PM₁₀ og PM_{2,5}. Tidligere har det norske utslippsregnskapet kun inkludert PM₁₀-utslipp fra forbrenning samt veistøv.

En spesiell takk rettes til SFT som har bidratt med opplysninger om utslipp fra industri og forbrenningsanlegg og som velvillig har sjekket opplysninger og besvart spørsmål.

1. Oppsummering

I dette arbeidet er det samlet informasjon om utslipp til luft av partikler i Norge. Dataene er basert på utslipp rapportert direkte fra store bedrifter og forbrenningsanlegg til Statens forurensingstilsyn og beregninger gjort av SSB basert på aktivitetsdata og utslippsfaktorer for andre kilder. Formålet har vært å lage en fullstendig oversikt over utslipp av partikler i Norge, der det skal skilles mellom de tre partikkelfraksjonene TSP ("total suspended particles"), PM_{10} og $PM_{2,5}$. Tidligere har det norske utslippsregnskapet kun inkludert PM_{10} -utslipp fra forbrenning samt veistøv.

Partikler i luft bidrar til dårlig luftkvalitet lokalt, men kan også fraktes over lengre avstander og bidra til bakgrunnsforurensning andre steder. De kan blant annet transportere tungmetaller og PAH. Eksponering for høye konsentrasjoner av partikler, og spesielt forbrenningspartikler, kan ha store helseeffekter og i verste fall fremskynde dødsfall. Partikler kan også påvirke klimaet. Avhengig av partikkelsammensetning kan de enten ha en avkjølede eller oppvarmende effekt.

Partikler som slippes ut fra ulike utslippskilder har forskjellig kjemisk sammensetning og ulik størrelse. Mens partikler som slippes ut ved forbrenning av lette oljeprodukter som bensin, er små ($PM_{2,5}^1$), er partiklene fra asfaltslitasje (veistøv) større (PM_{10}^2 og TSP^3). Partikler fra prosessutslipp i industrien kan ha svært ulik størrelsesfordeling, alt avhengig av hva slags prosesser de stammer fra og eventuelt type renseteknologi.

Hvilket forhold det er mellom ulike partikkelstørrelser i utelufta, varierer med hvilke utslippskilder som er de viktigste i området, samt klima og topografi m.m. Det er viktig å merke seg at det er stor forskjell mellom konsentrasjoner i luft, som det her er snakk om, og primært partikkelutslipp som dette prosjektet omhandler. Noen typer utslipp (f.eks. industriutslipp og eksosutslipp fra biler) vil skje fordelt over hele året,

vedfyring vil være konsentrert i vinterhalvåret (og særlig på ekstra kalde dager), mens utslipp fra oppvirvling av veistøv vil skje i løpet av noen dager med tørr veibane om våren og vinteren. Eksponering for utslippene er også avhengig av høyde over bakken og om utslippene skjer i tettbygde strøk. Utslipp fra biler vil derfor være viktigere enn utslipp fra industrien når det gjelder bidrag til lokal luftkvalitet.

De totale utslippene av de tre partikkelfraksjonene omtalt i dette arbeidet var 79,9 ktonn TSP, 64,4 ktonn PM_{10} og 54,4 ktonn $PM_{2,5}$ i 2001 (figur 1.1).

Mesteparten av utslippene kommer fra stasjonær forbrenning. 57 prosent av det totale utslippet av TSP kom fra denne kilden i 2001. For PM_{10} og $PM_{2,5}$ sto stasjonær forbrenning for henholdsvis 71 og 76 prosent. 90 prosent av alt utslipp fra stasjonær forbrenning kom fra boligoppvarming, hovedsakelig fra vedfyring (figur 1.2).

36 prosent av utslippene av TSP kom fra ulike prosessutslipp. For PM_{10} og $PM_{2,5}$ sto prosessutslippene for henholdsvis 21 og 15 prosent. Produksjon av mineralprodukter, veistøv og dekk- og bremseklosslitasje er de viktigste kildene til prosessutslipp av TSP. For PM_{10} og $PM_{2,5}$ er det utslipp fra metallproduksjon som er den viktigste kilden.

Avhengig av partikkelfraksjon sto mobil forbrenning for kun 6-9 prosent av de totale utslippene i 2001. Det er avgassutslipp fra dieselmotorer og bruk av motorredskaper som bidrar mest til de mobile utslippene.

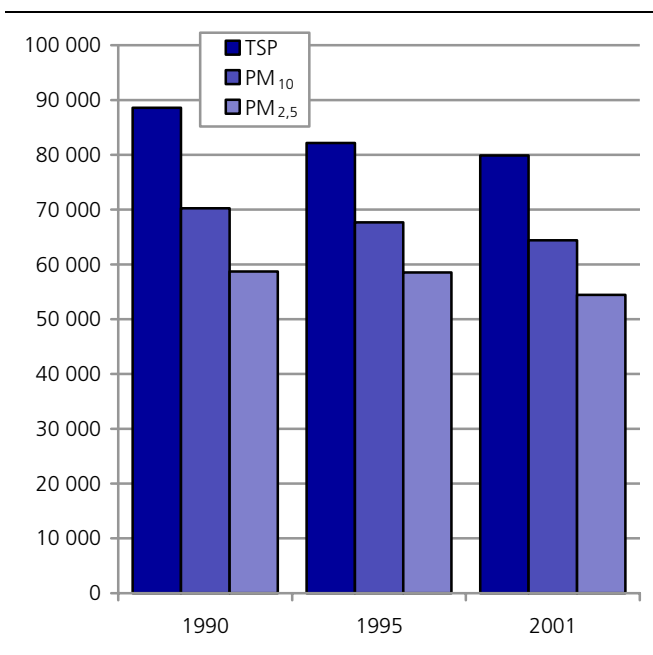
Utslippene er redusert med 7-10 prosent fra 1990 til 2001 og 3-7 prosent fra 1995 til 2001. Utslippene er redusert som følge av mindre halmbrenning, installering av rensesystemer ved kommunale avfallsanlegg og i prosessindustrien, mer bruk av piggfrie dekk og strengere avgasskrav for bensin- og dieselmotorer.

¹ Partikler med diameter mindre enn 2,5 μm

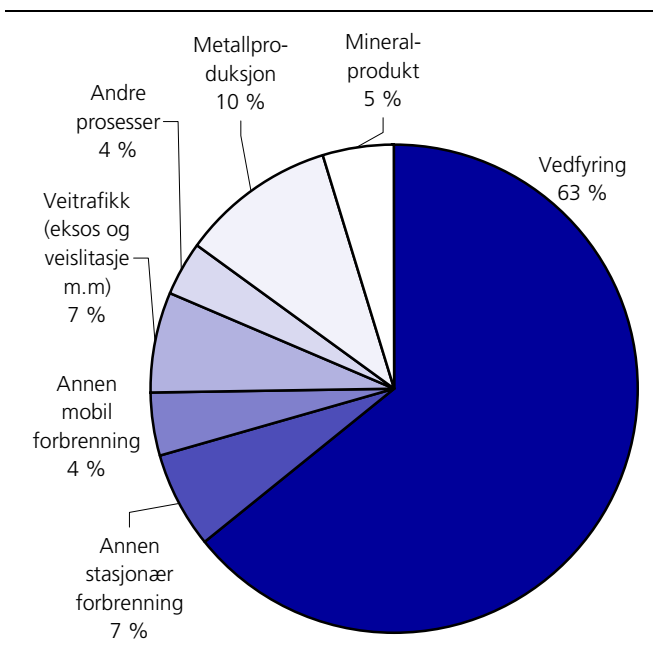
² Partikler med diameter mindre enn 10 μm

³ Partikler med diameter mindre enn anslagsvis 50-100 μm

Figur 1.1 Utslipp til luft av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5} i 1990, 1995 og 2001. Tonn



Figur 1.2. Utslipp av PM₁₀ etter kilde. 2001



2. Innledning

2.1. Om partikkelutslipp

Partikler som slippes ut fra ulike utslippskilder har forskjellig kjemisk sammensetning og ulik størrelse. Mens partikler som slippes ut ved forbrenning av lette oljeprodukter som bensin er små ($PM_{2,5}^4$), er partiklene fra asfaltslitasje (veistøv) større (PM_{10}^5 og TSP⁶). Partikler fra prosessutslipp i industrien kan ha svært ulik størrelsesfordeling, alt avhengig av hva slags prosesser de stammer fra og eventuelt type rense-teknologi.

Hvilket forhold det er mellom ulike partikkelstørrelser i utelufta varierer med hvilke utslippskilder som er de viktigste i området, samt klima og topografi m.m. (Larssen, 1991). Det er viktig å merke seg at det er stor forskjell mellom konsentrasjoner i luft som det her er snakk om og primært partikkelutslipp som dette prosjektet omhandler. Noen typer utslipp (f.eks. industriutslipp og eksosutslipp fra biler) vil skje fordelt over hele året, vedfyring vil være konsentrert i vinterhalvåret (og særlig på ekstra kalde dager), mens utslipp fra oppvirvling av veistøv vil skje i løpet av noen dager med tørr veibane vinter og vår. Eksponering for utslippene er også avhengig av høyde over bakken og om utslippene skjer i tettbygde strøk. Ett tonn PM_{10} fra biler vil derfor være viktigere enn ett tonn PM_{10} fra industrien når det gjelder bidrag til lokal luftkvalitet. I Oslo og Trondheim og sannsynligvis også andre store byer, bidrar trafikk mest til dårlig luftkvalitet langs trafikkerte veier, mens andre steder i byen kan vedfyring være like viktig (St.meld. nr 24).

I Norge er de viktigste kildene til utslipp til luft av partikler i dag utslipp fra vedfyring, prosessutslipp fra industrien og vei- og bildekkslitasje. For enkelte kommuner vil det få stor betydning at prosessutslipp fra industrien blir inkludert i utslippsoversiktene. Deler av dette utslippet består imidlertid av større partikler enn PM_{10} .

2.2. Skadevirkninger

Eksponering for partikler er assosiert med en rekke forskjellige uønskede virkninger, blant annet økt forekomst av bihulebetennelse, hoste, bronkitt, og dødsfall på grunn av luftveis- eller hjerte/karsykdommer. Sykehusinnleggelse og fremskyndede dødsfall forekommer i spesielt utsatte grupper, som eldre, syke mennesker og småbarn med luftveissykdommer (Statens helsetilsyn, 1999).

Det har de siste årene kommet en rekke publikasjoner som viser hvilken betydning partikler har for å utløse eller forverre sykdommer hos individer med kroniske luftveislidelser. Nyere studier av partikler under 10 μm i diameter (PM_{10}), tyder på at eksponering for slike partikler i vanlig uteluft kan være en undervurdert faktor når det gjelder allergener og andre stoffer som påvirker betennelsesreaksjoner og eventuelt påvirker allergiutvikling. Dieselpartikler er vist å kunne forsterke en allergireaksjon fremkalt av pollen. Det er usikkert om dette også gjelder for andre partikler (Statens Helsetilsyn, 1999). Tilgjengelig informasjon fra epidemiologiske studier om virkningen av partikler på luftveiene, er i all hovedsak basert på partikkelstørrelse. Partiklenes kjemiske og fysiske egenskaper antas å være viktige, men det foreligger lite data om dette i litteraturen (Statens Helsetilsyn, 1999).

Dyreforsøk med ulike partikler har vist at partiklene utløser en betennelsesreaksjon i lungene, og dette synes å skje med helt inerte partikler. Forsøk på frivillige har vist at også mennesker får en lokal betennelsesreaksjon når partikler kommer ned i lungene (Statens Helsetilsyn, 1999).

Langtidsvirkningene av å være utsatt for svevepartikler er i langt mindre grad undersøkt. Undersøkelser av grupper av mennesker over lengre tid tyder på økt forekomst av sykdom og dødsfall, i større grad enn det man finner ved økninger i forurensning over kort tid. I disse undersøkelsene presiseres at samtidig eksponering for sure aerosoler kan være en viktig årsak til de observerte effekter. Rosendahl (2000) beregnet at svevestøv i Oslo framskynder 330 til 600 sykdomstilfeller årlig, avhengig av ulike forutsetninger som

⁴ Partikler med diameter mindre enn 2,5 μm

⁵ Partikler med diameter mindre enn 10 μm

⁶ Partikler med diameter mindre enn anslagsvis 50-100 μm

legges til grunn. Gjennomsnittlig tapes 7 leveår for hvert dødsfall. Miljøverndepartementet (1999) anslår at svevestøv forårsaker 1200 sykdomstilfeller og over 400 for tidlige dødsfall årlig i Oslo. Hvis man ser på hele Norge, viser beregninger at opp til 2 200 dødsfall kan bli fremskyndet (Rosendahl 2000).

Undersøkelsene kan heller ikke gi svar på hvilke fraksjoner av partikler som er viktigst for effekten, annet enn at sammenhengen i mange tilfeller er sterkere for PM_{2,5} enn PM₁₀. Stadig flere studier peker mot at ultrafint svevestøv (PM_{0,1}) er mer skadelig enn større partikler (Statens Helsetilsyn (1999), Tidsskrift fra Den norske lægeförening (2002)).

Det er knyttet store usikkerheter til hvordan partikler påvirker klimaet globalt og regionalt. Klimateffekten av ulike typer partikler er svært forskjellig, avhengig av partiklens kjemiske sammensetning, størrelse og form, og deres evne til å ta opp fuktighet fra lufta. Noen har en avkjølende effekt på jorda fordi de reflekterer sollys, mens andre bidrar tvert imot til oppvarming ved å absorbere sollyset (Cicero, 2002).

2.3. Tiltak

Det er satt opp ulike mål og grenseverdier for luftas innhold av partikler. I Stortingsmelding 24 (2000-2001) er strategisk mål at lokale luftforurensningsproblemer skal forebygges og reduseres slik at hensynet til menneskenes helse og trivsel ivaretas. Nasjonalt resultatmål er at døgnmiddelkonsentrasjonen av svevestøv (PM₁₀) ikke skal overskride 50 µg/m³ mer enn 25 dager per år i 2005 og innen 2010 ikke mer enn 7 dager per år. Målet for svevestøv overstiges i flere byer i Norge i dag.

Det har blitt lagt til grunn at 80 prosent av bilene må kjøre med piggfrie dekk i Oslo, Trondheim, Bergen og Stavanger dersom kravene i eksisterende grenseverdiforskrift skal nås. Undersøkelser fra Vegdirektoratet viser at piggdekkbruken i flere av de aktuelle bykommunene ikke var redusert til 20 prosent i 2002. Videre antas det at eksosutslippene av svevestøv vil bli betydelig redusert fram mot 2010, som følge av strengere vedtatte krav i EU til utslipp av forbrenningspartikler fra kjøretøy. Det er videre forventet at bidraget fra langtransportert forurensning vil gå ned som følge av skjerpede krav i EU. Det forventes at en overgang til mer rentbrennende vedovner vil gi en viss reduksjon i utslippene.

2.4. Definisjoner

Stasjonær forbrenning Omfatter utslipp fra all forbrenning av energivarer (utslippsbærere) i ulike typer stasjonære utslippskilder som direktefyrte ovner, fyrkjeler, småovner, turbiner eller fakling.

Prosessutslipp	Omfatter alle utslipp som ikke er knyttet til forbrenning.
Mobil forbrenning	Omfatter utslipp fra all forbrenning av energivarer knyttet til transportmidler og mobile motorredskap.
Utslippsfaktor	En proporsjonalitetsfaktor som knytter sammen aktivitetsdata og utslipp.
LRTAP	Convention on Long-Range Transport Air Pollution
EPA	Environmental Pollution Agency, USA
TNO	Nederlandsk organisasjon for teknisk vitenskapelig forskning
INKOSYS	SFTs register for konsesjonsbelagt industri
NS-olje	Tungolje med "normalt" svovelinnhold
LS-olje	Tungolje med "lavt" svovelinnhold
PM _{2,5}	Partikler med diameter mindre enn 2,5 µm. Kan i stor grad avsettes i lungene og lungeblærene.
PM ₁₀	Partikler med diameter mindre enn 10 µm. Representerer samlet partikkelbelastning som kroppen får ved neseputing. Svevestøv.
TSP	Partikler med diameter mindre enn anslagsvis 50-100 µm. Representerer det som vil komme inn i kroppen ved munnputing (inkl. det som avsettes i munn/svelg).

2.5. 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 industribedrifter og forbrenningsanlegg samt å forbedre datagrunnlaget (for eksempel utslippsfaktorer). SSB har ansvar for aktivitetsdata, utvikling av utslippsmodellen og selve beregningene.

Utslipp til luft av partikler vil gjennom dette arbeidet bli beregnet i SSBs utslippsmodell slik som for miljøgifter, klimagasser og forsurende gasser. Utslippsmodellen er dokumentert i Flugsrud mfl. (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:

$$E_{ijklm} = [C_{jklm} - CPS_{jklm}] * EF_{ijklm} + EPS_{ijklm}$$

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 .

Prosessutslippene beregnes i et fritt format som er avhengig av type utslipp. For utslipp fra industrien og avfallsforbrenningsanlegg 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 utslippskilde og allokert til næring og kommune 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.

Utslipp fra veitrafikk beregnes i en egen satellittmodell (se SFT (1999)).

Utslippene kan presenteres etter utslippskilde, utslippsvare og næring (økonomisk sektor).

3. Beregningsmetoder og valg av utslippsfaktorer for den enkelte utslippskilde

3.1. Datakilder

Litteraturgjennomgangen for å bestemme beregningsmetodikk og utslippsfaktorer er i hovedsak basert på følgende kilder:

- Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume 1, Stationary Point & Area Sources, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2002.
- CEPMEIP Emission factors for particulate matter (TNO-MEP), 2002.
- Haakonsen G., K. Rypdal og B. Tornsjø (1998): Utslippsfaktorer for lokale utslipp - PAH, partikler og NMVOC. Notater 98/29. Statistisk sentralbyrå.

I tillegg til disse kildene er det også blitt vurdert data fra Englands nasjonale database over utslippsfaktorer på internett (NAEI database:

www.naei.org.uk/emissions/index.php). Denne databasen presenterer imidlertid kun data for PM₁₀. Emission Inventory Guidebook (EEA, 2001) er også vurdert i dette arbeidet, men her foreligger det kun PM₁₀-faktorer for noen kilder.

Data på utslipp fra store industribedrifter og forbrenningsanlegg er levert av SFT og er basert på bedriftenes egenrapportering som de er pålagt i henhold til forurensningsloven. Dataene er basert på uttak fra Inkosys høsten 2001, men er supplert og oppdatert i 2002. Bedriftenes egenrapportering er vesentlig forbedret de senere årene. Imidlertid varierer det hvilket år bedriftene har startet sin innrapportering av partikler. Noen har rapportert så langt tilbake som 1990, mens andre kun har rapportert for de senere år. For noen bedrifter finnes data bare for 2000. 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 utslippskilde.

Usikkerheten knyttet til målinger av utslipp av partikler er stor. De rapporterte utslippene fra bedriftene kan derfor variere en del fra år til år uten at dette nødvendigvis skyldes reelle endringer i utslippsnivå. Dette

skaper problemer når dataene skal brukes til beregninger av nasjonale tall.

Noen kilder kan være nevnt som potensielle partikkelkilder i litteraturen, men beregninger kan ikke gjøres før mer informasjon foreligger. Vi antar imidlertid at vi i dette arbeidet har dekket de viktigste kildene i nasjonal sammenheng.

En del av utslippsfaktorene som presenteres her, regnes som svært usikre og er basert på noen få målinger. Utslippsnivået fra forbrenning er svært avhengig av forholdene under forbrenningen, og litteraturverdier trenger ikke alltid å være representative for norske forhold. Vi ser at tilsynelatende sammenlignbare faktorer fra ulike datakilder kan variere ganske mye, noe som indikerer usikkerheten av de beregnede partikkelutslippene. Ved valg av utslippsfaktorer for forbrenning er det lagt vekt på å oppnå konsistens mellom de ulike kilder og energivarer.

3.2. Utslipp fra stasjonær forbrenning

3.2.1. 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. I dagens modell ligger det inne en utslippsfaktor for PM₁₀ på 4,5 kg/tonn.

Utslippsdata fra målinger på en rekke fyrkjeler er oppgitt i EPA (2002). Dataene er basert på målinger i industrien med multisyklon, elektrostatisk filter eller uten rensing (se avsnitt 3.2.3.1). EPA oppgir utslippsfaktorene til 5,45 kg/tonn for TSP, 3,54 kg/tonn for PM₁₀, og 1,45 kg/tonn for anlegg som benytter ristfyrte kjeler og hvor utslippene renses med multisykloner.

I sin database over utslippsfaktorer på internett oppgir TNO (2002) fire forskjellige faktorer for hver partikkel-fraksjon, avhengig av om utslippene forekommer ved nyere anlegg med godt utviklede rensesystemer eller ved eldre anlegg med dårligere rensesystemer. Faktorene mellom disse ytterpunktene reflekterer utslipp i mellomliggende kategorier (tabell 3.1).

Tabell 3.1. Utslippsfaktorer for forbrenning av kull ved kullkraftverk. kg/tonn

	TNO	EPA	Valgt faktor
TSP	0,17 - 0,98 - 3,93 - 14,33	5,45	5,45
PM ₁₀	0,17 - 0,70 - 1,97 - 5,06	3,54	3,54
PM _{2,5}	0,14 - 0,34 - 0,48 - 1,12	1,45	1,45

Faktorene foreslått av EPA er høyere enn faktorene oppgitt i TNOs database, bortsett fra faktorene fra eldre anlegg med dårlig rensing (tabell 3.1). Det er imidlertid vanskelig å benytte faktorene fra TNO, da vi ikke vet noe om hvilke rensesystemer som er i bruk ved de anlegg faktorene representerer, og hvordan forbrenningen foregår.

SSB velger å benytte utslippsfaktorene foreslått av EPA (2002) for alle de tre partikkelfraksjonene, siden disse faktorene er mest representative for kullkraftverket på Svalbard (tabell 3.1).

Med valg av disse faktorene var partikkelutslippet på 140 tonn i 2001. 65 prosent av dette var partikler mindre enn PM₁₀ mens 27 prosent var mindre enn PM_{2,5}.

3.2.2. Olje- og gassutvinning

Forbrenning av naturgass

Partikkelutslipp knyttet til forbrenning av naturgass antas å være små. Naturgass forbrennes hovedsakelig i gassturbiner offshore. Størrelsen på partiklene fra forbrenning av naturgass har blitt målt til å være under 1 µm (EPA, 2002). Partiklene består da vanligvis av større hydrokarboner som ikke har blitt fullstendig forbrent. Dårlig lufttilgang og dårlig vedlikehold kan gi en økning i partikkelutslippet.

I litteraturen er det funnet ulike utslippsfaktorer knyttet til forbrenning av naturgass. Faktorene oppgitt skiller ikke på de ulike fraksjonene, da det er antatt at alle partiklene er mindre enn PM_{2,5}. EPA foreslår en faktor på 0,122 g/Sm³, mens faktoren oppgitt i databasen til TNO (2002) er på 0,008 g/Sm³. Denne faktoren er med andre ord hele 10 ganger mindre enn faktoren foreslått av EPA.

Ifølge EEA (2001) finnes det begrenset med publiserte faktorer for forbrenning av naturgass. De baserer seg på EPA (1985) der utslipp av partikler ikke var registrert.

SSB velger å benytte faktoren fra EPA (2002) på 0,122 g/Sm³ for forbrenning av naturgass i turbiner.

Fakling

For fakkelforbrenning oppgir EPA (2002) fire ulike faktorer for sot avhengig av hvor mye fakkelforbrenningen soter. Dette avhenger igjen av ulike forhold som luft- og dampatilgang og type gass som blir forbrent. Når det gjelder fakling av naturgass, består den hovedsakelig av metan (ca. 93 prosent), og ifølge

Tabell 3.2. Utslippsfaktorer fra EPA, 2001 for fakling. g/Sm³

	Utslippsfaktor (g/Sm ³)
Ingen sotdannelse	0
Litt sotdannelse	0,0004
Middels sotdannelse	0,0018
Sterk sotdannelse	0,0027
Valgt faktor	0,0018

EPA (2002) vil alle hydrokarboner over metan, de med C-H forhold større enn 0,33 tendere til å sote. Lange, umettede og forgreinete hydrokarboner soter lettere enn sine representative isomerer med mettede og mindre forgreinete kjeder. Ut i fra dette skulle man anta at fakling av naturgass ville sote i liten grad. Faktorene til EPA (2002) er representert i tabell 3.2.

SSB velger å benytte faktoren for middels sotdannelse på 0,0018 g/Sm³ og antar at dette gjelder for alle de tre partikkelfraksjonene.

Det ble sluppet ut 418 tonn partikler fra forbrenning av naturgass i 2001. Alt dette blir regnet å være utslipp mindre enn PM_{2,5}.

3.2.3. Industri

De fleste større bedrifter i Norge rapporterer inn sine partikkelutslipp til SFT i henhold til utslippskonsepsjonen. Det varierer for øvrig om bedriftene rapporterer dette inn som forbrenningsutslipp eller som prosessutslipp. De fleste bedriftene rapporterer partikkelutslippet som et prosessutslipp, mens noen få skiller forbrennings- og prosessutslippet. Det er bare noen få bedrifter som rapporterer kun forbrenningsutslipp. Det antas, for bedrifter som rapporterer alt utslippet som et prosessutslipp, at partikler fra forbrenningen som regel inngår i de rapporterte prosessutslippene siden de er basert på målinger som ikke skiller mellom brensel og prosess. For å unngå dobbelttelling må man derfor gjøre en antagelse og en avgjørelse på hvor det rapporterte utslippet skal inngå.

I utslippsdatabasen på internet oppgir TNO (2002) ulike utslippsfaktorer for ulike industrisektorer fordelt på TSP, PM₁₀ og PM_{2,5}. For hver enkel sektor varierer utslippsfaktorene avhengig av hvor godt vedlikeholdt utstyret som benyttes er, rensemetode og hvor gamle anleggene er. I EPAs samling over utslippsfaktorer skilles faktorene på energivare og ikke på ulike sektorer.

3.2.3.1. Kull og koks

Kull

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 fyrcjeler. I tillegg forbrennes noe kullkoks i fyrcjeler, og noe petrokkoks brukes til direktefyring. I tillegg brukes kull som reduksjonsmiddel i metallproduksjonen.

Tabell 3.3. TNOs utslippsfaktorer for forbrenning av kull i industrien¹. kg/tonn

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Metall-, ikke-metallisk-, kjemisk og treforedlings-industri	0,3 - 2,8 - 14	0,2 - 1,7 - 7	0,10 - 0,8 - 2,8
Andre industri-sektorer	1,4 - 11,2 - 22,4	1,0 - 2,8 - 11,4	0,6 - 0,8 - 2,4

¹ Intervallene indikerer ulike utslippsfaktorer avhengig av rensegrad, forbrenningsforhold og alder på anleggene.

Alle industribedrifter som forbrenner kull i Norge rapporterer sitt partikkelutslipp. De rapporterer imidlertid dette som prosessutslipp og ikke som et forbrenningsutslipp. Man antar at partikkelutslipp fra forbrenning inngår i de rapporterte tallene, og utslipp fra kullforbrenning blir derfor ikke beregnet for å unngå dobbelttelling.

Til tross for at alle industribedrifter rapporterer partikkelutslipp fra kullforbrenning, er det hensiktsmessig å utrede en utslippsfaktor for denne kilden.

I sin database over utslippsfaktorer på internet presenterer TNO (2002) samme faktor for alle industrisektorene, bortsett fra "andre industrisektorer". Hvis det antas at utslippsfaktoren som presenterer anlegg med middels rensek kontroll ville være mest representativ for anlegg som ikke vil være rapporteringspliktige vil faktorene være henholdsvis 2,8 kg/tonn for TSP, 1,7 kg/tonn for PM₁₀ og 0,8 kg/tonn for PM_{2,5} (tabell 3.3).

Utslippsfaktorer for forbrenning av kull fra 6 ulike kjeler og med forskjellige rensesystemer blir presentert i EPA (2002) (tabell 3.4, 3.5 og 3.6). Faktoren for scrubber-rensing vil sannsynlig være mest representativ for bedrifter som forbrenner, men som ikke vil være rapporteringspliktige.

Dette gir en TSP-faktor på 1,6 kg/tonn. For PM₁₀ og PM_{2,5} er de på henholdsvis 1,14 og 0,82 kg/tonn. Med dette blir PM₁₀ lik 0,71*TSP, mens PM_{2,5} blir 0,51*TSP.

Bortsett fra en utslippsfaktor for PM₁₀ på 2,5 kg/tonn i NAEIS database er det ikke funnet andre utslippsfaktorer fra andre kilder i litteraturen.

I dagens utslippsmodell ligger det inne en faktor for PM₁₀ på 1,4 kg/tonn. Denne faktoren stammer fra Larssen (1991) og samsvarer med utslippsfaktoren til Rosland (1987). Utslippsfaktoren foreslått av TNO på 1,6 kg/tonn ligger derfor litt høyere enn dagens faktor, mens EPAs faktor på 1,14 kg/tonn ligger litt lavere.

For PM_{2,5} ble det i Haakonsen mfl. (1998) foreslått å benytte samme faktor for PM_{2,5} som for PM₁₀, på 1,4 kg/tonn. Denne faktoren er nok for høy, da den er basert på Larssen (1991), som ikke oppga størrelses-

Tabell 3.4. EPAs utslippsfaktorer for TSP fra forbrenning av kull i industrien. kg/tonn

	Ukon-trollert	Multippel sykklon-rensing	Elektrostatisk filter	Tekstil-filter	Scrubber
Dry bottom boiler	27,24	5,45	0,2	0,05	1,6
Wet bottom boiler	19,07	3,8	0,15		
Cyclone furnace	5,45	0,33	0,04	0,05	
Spreader stoker	29,96	5,45	0,28		
Overfeed stoker	7,26	4,08			
Underfeed stoker	6,81				

Tabell 3.5. EPAs utslippsfaktorer for PM₁₀ fra forbrenning av kull i industrien. kg/tonn

	Ukon-trollert	Multippel sykklon-rensing	Elektrostatisk filter	Tekstil-filter	Scrubber
Dry bottom boiler	6,27	1,58	0,15	0,05	1,14
Wet bottom boiler	7,08	3,54	0,11		
Cyclone furnace	0,71	0,31	0,03		
Spreader stoker	5,99	3,54	0,20	0,03	
Overfeed stoker	2,72	2,27			
Underfeed stoker	2,81				

Tabell 3.6. EPAs utslippsfaktorer for PM_{2,5} fra forbrenning av kull i industrien. kg/tonn

	Ukon-trollert	Multippel sykklon-rensing	Elektrostatisk filter	Tekstil-filter	Scrubber
Dry bottom boiler	1,63	0,16	0,07	0,03	0,82
Wet bottom boiler	4,03	2,34	0,06		
Cyclone furnace	0,30	0,30	0,02		
Spreader stoker	2,09	1,45	0,14	0,02	
Overfeed stoker	0,99	1,72			
Underfeed stoker	1,73				

Tabell 3.7. Valgte utslippsfaktorer for forbrenning av kull i industrien. kg/tonn

	Utslippsfaktor (kg/tonn)
PM _{2,5}	0,82
PM ₁₀	1,14
TSP	1,60

Kilde: EPA (2002)

fordeling for utslipp av kull. Dermed ble samme utslippsfordeling som for vedfyring i husholdningene (PM_{2,5} = PM₁₀) benyttet. Faktoren for PM_{2,5} foreslått i TNOs database er på 0,84 kg/tonn og tilnærmet den samme som EPA (2002) oppgir på 0,82 kg/tonn.

SSB velger å benytte utslippsfaktorene foreslått av EPA (2002) siden disse mest sannsynlig vil være mest representative for norske forhold (tabell 3.7).

Koks og petrolkoks

Også partikkelutslipp fra forbrenning av koks og petrolkoks blir rapportert til SFT. Som for kull, antas det at forbrenningsutslippene er inkludert i det rapporterte

prosessutslippet. For å unngå dobbelttelling vil det derfor ikke beregnes forbrenningsutslipp fra disse bedriftene. Til tross for at bedriftene rapporterer utslipp er det hensiktsmessig å utarbeide en utslippsfaktor for denne kilden.

I litteraturen er det ikke funnet egne utslippsfaktorer for forbrenning av koks og petrokkoks. De samme utslippsfaktorene som anbefalt for kullforbrenning blir benyttet også for disse energivarene.

SSB velger derfor å benytte de samme faktorene som anbefalt for forbrenning av kull i industrien (tabell 3.7).

I 2001 ga dette et partikkelutslipp på 30 tonn, der halvparten besto av partikler mindre enn $PM_{2,5}$.

3.2.3.2. Olje

Omfanget av utslipp av partikler fra oljeforbrenning avhenger blant annet av hvilken type olje som blir benyttet. Forbrenning av lettere oljer resulterer i betydelig lavere partikkelutslipp enn forbrenning av tyngre oljer. Partikkelutslipp avhenger også generelt av hvor godt oljen blir forbrent, i tillegg til askeinnholdet i de ulike oljetypene (EPA 2002). Svovel i oljene bidrar også til partikkeldannelse. Partikkelutslipp fra lettere oljer består hovedsakelig av partikler som oppstår under ufullstendig forbrenning og er ikke korrelert med aske eller svovelinnholdet i oljen. I motsetning er partikkelutslipp fra forbrenning av tyngre oljer mer relatert til svovelinnholdet i oljen.

Forbrenningsbelastning kan også påvirke utslipp av partikler fra tyngre oljer. Ved lav belastning kan partikkelutslipp fra mindre kjeler (utility boiler) bli redusert med 30 til 40 prosent og så mye som 60 prosent ved små industrielle og kommersielle enheter. Ingen signifikant reduksjon i partikkelutslipp har blitt registrert ved forbrenning av lettere fyringsoljer. Ved veldig lav belastning (ca. 30 prosent av maksimum) vil det imidlertid være vanskelig å opprettholde gunstige forbrenningsforhold, og partikkelutslippene kan øke kraftig (EPA 2002).

EPA (2002) oppgir faktorer for $PM_{2,5}$, PM_{10} og TSP, der de skiller mellom forbrenning av lette oljer, destillater og tungolje. De fleste faktorene er fra anlegg uten utslippsrensing, men for tungolje presenteres det faktorer knyttet til ulike renseteknikk.

I TNOs database over utslippsfaktorer er det oppgitt faktorer for ulike industrisektorer. Som for de andre energivarene antas det at faktorene knyttet til forbrenning ved anlegg som ligger mellom de med meget bra utstyr og forbrenningsteknologi og de på den helt andre siden med dårlig utstyr ved eldre anlegg, er mest representative for norske anlegg som ikke rapporterer partikkelutslipp.

Tabell 3.8. Utslippsfaktorer for partikler fra forbrenning av fyringsparafin i industrien. kg/tonn

	EPA	TNO	Valgte utslippsfaktorer
$PM_{2,5}$	0,037	0,22	0,037
PM_{10}	0,148	0,22	0,148
TSP	0,296	0,22	0,296

Fyringsparafin

For TSP foreslår EPA (2002) en faktor på 0,296 kg/tonn. Denne faktoren er tilnærmet lik faktoren til Rosland (1987) på 0,25 kg/tonn. Faktorene kan imidlertid ikke direkte sammenlignes siden Roslands faktor er oppgitt som sot og ikke som TSP.

I dagens modell brukes det en faktor på 0,163 kg/tonn for PM_{10} . Denne faktoren er hentet fra EPA (1995) og skiller seg litt fra den som EPA nå oppgir på 0,148 kg/tonn (EPA 2002).

For $PM_{2,5}$ ble det i Haakonsen mfl (1998) foreslått en faktor på 0,125 kg/tonn. Denne faktoren var hentet fra EPA (1995). I dagens EPA (2002) er faktoren på 0,037 kg/tonn.

TNO foreslår å benytte samme utslippsfaktor for de tre partikkelfraksjonene (tabell 3.8).

SSB velger å benytte faktorene foreslått av EPA (2002) (tabell 3.8). De nasjonale utslippene av partikler fra forbrenning av fyringsparafin i industrien er meget små. I 2001 var utslippet på kun 176 kg.

Lett fyringsolje

EPAs utslippsfaktorer for forbrenning av fyringsolje er vist i tabell 3.9. Dette er de samme faktorene som for fyringsparafin. Årsaken til at faktorene er noe forskjellige, er omregning vha. energivarens tetthet. Disse faktorene er identiske med de faktorene som tidligere ble foreslått av EPA (1995), og som allerede ligger inne i dagens utslippsmodell, bortsett fra at det da manglet faktor for TSP.

TNO oppgir ikke egne utslippsfaktorer for fyringsolje, men foreslår en faktor på 0,25 kg/tonn for alle oljetyper bortsett fra tungolje. Faktoren fra Rosland (1987) oppgis til 0,25 kg sot/tonn og er dermed ikke direkte sammenlignbar med de fraksjonsbetegnelsene som brukes i denne rapporten.

SSB velger å benytte faktorene EPA (2002) foreslår i tabell 3.9 og som allerede ligger inne i dagens modell for PM_{10} . Med dette blir $PM_{10} = 0,5 * TSP$, mens $PM_{2,5} = 0,25 * PM_{10}$. Dette er det samme forholdet som fås ved forbrenning av fyringsparafin.

Utslippet av TSP fra forbrenning av fyringsolje var 141 tonn i 2001. For PM_{10} og $PM_{2,5}$ var utslippet på henholdsvis 110 og 92 tonn.

Tabell 3.9. Utslippsfaktorer for partikler fra forbrenning av fyringsolje i industrien. kg/tonn

Partikkelfraksjon	Valgte utslippsfaktorer
PM _{2,5}	0,036
PM ₁₀	0,143
TSP	0,286

Kilde: EPA (2002)

Tabell 3.10. Utslippsfaktorer for partikler fra forbrenning av tungdestillat¹. kg/tonn

	Ukontrollert (kg/tonn)	Med rensing ² (kg/tonn)	Valgt faktor
PM _{2,5}	0,400	0,028	0,400
PM ₁₀	0,614	0,135	0,614
TSP	0,714	0,143	0,714

¹ Beregnet ut ifra at svovelinnholdet i norsk tungdestillat er 0,23 prosent

² Renset med multisykloner

Kilde: EPA (1995)

Tungdestillat

Utslippsfaktoren som ligger inne i dagens utslippsmodell for forbrenning av tungdestillat i industrien er hentet fra EPA (1995) og beskrevet i Haakonsen mfl. (1998). Denne faktoren var egentlig en faktor for forbrenning av fyringsolje, men er endret på grunn av omregning vha. energivarens tetthet. I stedet for å bruke denne verdien, benyttes i stedet formelen for beregning av utslipp av partikler fra forbrenning av tungolje med svovelinnholdet til tungdestillat (se tungolje). Det er faktorene for ukontrollert forbrenning som benyttes, da det må anta at de fleste som forbrenner, men som ikke rapporterer, ikke renser utslippene (tabell 3.10).

Forbrenning av tungdestillat i 2001 ga et utslipp på 12 tonn. 55 prosent av dette var partikler mindre enn PM_{2,5}.

Tungolje

De fleste bedrifter med stor skala forbrenning av tungolje rapporterer sine utslipp til *Inkosys*. Det er antatt at de bedrifter som brenner NS⁷ tungolje har rensaneanlegg og rapporterer sine partikkelutslipp til SFT. De fleste bedriftene rapporterer for øvrig sine utslipp som prosessutslipp, og det antas at forbrenningsutslippene er inkludert i disse tallene. Det blir for disse bedriftene ikke beregnet forbrenningsutslipp, for å unngå dobbelttelling. For de bedriftene som rapporterer dette som et prosessutslipp, vil dette bli kommentert under prosessutslippene i avsnitt 4.2.

Alle treforedlingsbedrifter forbrenner tungolje. Fire av disse rapporterer inn sine forbrenningsutslipp, men inkludert i disse tallene er også forbrenning av treavfall. Dette vil derfor bli beskrevet under avsnittet om forbrenning av treavfall i industrien.

Tabell 3.11. EPA-baserte utslippsfaktorer for partikler fra forbrenning av norsk tungolje¹. 2000

	Ukontrollert (kg/tonn)	Med rensing (kg/tonn)
PM _{2,5}	0,673	0,048
PM ₁₀	1,033	0,228
TSP	1,201	0,241

¹ Beregnet ut ifra at svovelinnholdet i norsk LS-olje er 0,72 prosent.

Tabell 3.12. TNOs utslippsfaktorer for forbrenning av tungolje i industrien¹. kg/tonn

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Metall-, ikke-metallisk, kjemisk og treforedlingsindustri	0,4 - 2,0 - 9,7	0,5 - 1,6 - 7,7	0,4 - 1,4 - 5,3
Andre industrisektorer	0,8 - 2,5 - 9,4	0,6 - 2,0 - 7,7	0,4 - 1,6 - 5,3

¹ Intervallene indikerer ulike utslippsfaktorer avhengig av rensegrad, forbrenningsforhold og alder på anleggene.

Når det gjelder de resterende bedrifter med tungoljeforbrenning, har alle rapportert dette sammen med sitt prosessutslipp og det vil bli beskrevet i avsnitt 4.2.

De bedrifter som ikke rapporterer utslipp av partikler fra forbrenning av tungolje antar vi forbrenner LS⁸-olje og ikke renser sine utslipp. For disse bedriftene beregnes utslipp vha. generelle utslippsfaktorer og som tar hensyn til svovelinnholdet i LS-olje for årene 1990 til i dag.

Avhengig av rensing eller ikke foreslår EPA (2002) to ulike utslippsfaktorer (tabell 3.11). For anlegg uten utslippsrensing er TSP gitt som 1,0 * A, hvor A = 1,12 * Svovelprosent + 0,37 kg/1000 liter, PM₁₀ er 0,86 * A, mens PM_{2,5} er gitt som 0,56 * A.

For anlegg som benytter multiplere syklonrensing er TSP 0,2 * A, og PM₁₀ og PM_{2,5} er gitt som henholdsvis 0,19 * A og 0,04 * A. Faktorene for tungolje (tabell 3.11) er beregnet basert på svovelinnholdet i oljen i 2000, og må derfor beregnes på nytt for hvert år det skjer en endring i svovelinnholdet.

Utslippsfaktorene for tungolje som oppgis fra TNO skiller mellom forbrenning i ulike industrisektorer. Utslippsfaktorene presentert i tabell 3.12 er de samme for alle sektorene unntatt for "andre industrisektorer". Utslippsfaktorene knyttet til hver partikkelfraksjon varierer avhengig av forbrenningsforholdene, alder på anleggene og type renseteknikk. Det antas at norske anlegg som forbrenner tungolje, men som ikke rapporterer partikkelutslipp, vil ha utslipp som representerer den mellomliggende faktoren.

Faktoren for TSP vil da være 2,0 kg/tonn, for PM₁₀ 1,6 kg/tonn og 1,4 kg/tonn for PM_{2,5}. Faktorene oppgitt i TNO ligger betydelig høyere enn faktorene foreslått i EPA (2002). For alle partikkelfraksjonene er TNO-faktorene nesten dobbelt så høye som faktorene

⁷ NS er tungolje med "normalt" svovelinnhold.

⁸ LS er tungolje med "lavt" svovelinnhold.

Tabell 3.13. Valgte faktorer for LS tungolje i norsk industri. kg/tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	0,76	0,75	0,74	0,74	0,67	0,59	0,62	0,62	0,61	0,63	0,68	0,68
PM ₁₀	1,16	1,15	1,13	1,12	1,02	0,91	0,94	0,94	0,93	0,95	1,03	1,03
TSP	1,35	1,34	1,32	1,30	1,19	1,05	1,10	1,10	1,09	1,11	1,20	1,20

Kilde: EPA (2002) og Norsk Petroleumsinstitutt (svovelprosent)

oppgitt av EPA fra ukontrollert forbrenning. Det er mulig at årsaken er ulikt svovelinnhold i tungoljen. Faktoren basert på EPAs arbeid tar som nevnt hensyn til svovelinnholdet i norske tungoljer, mens dette ikke gjøres hos TNO.

Rosland (1987) foreslo en faktor på 1,3 kg sot/tonn for forbrenning av tungolje. Denne faktoren har til nå vært brukt i de nasjonale beregningene. Denne faktoren er for sot, men samsvarer relativt bra med faktoren for TSP oppgitt av EPA (2002) på 1,2 kg/tonn.

SSB velger å benytte faktorene foreslått i EPA og som er presentert i tabell 3.13. Med valg av disse faktorene blir TSP på 1,2 kg/tonn, mens faktorene for PM₁₀ og PM_{2,5} blir på henholdsvis 1,03 kg/tonn og 0,68 kg/tonn. Med dette blir PM₁₀ lik 0,86*TSP og PM_{2,5} 0,56*TSP.

Utslipet av TSP i 2001 var på 162 tonn, mens utslippene av PM₁₀ og PM_{2,5} var på henholdsvis 150 og 105 tonn.

Spillolje

De aller fleste bedriftene som forbrenner spillolje, rapporterer sine partikkelutslipp. Mange av de samme bedriftene som forbrenner spillolje, forbrenner også tungolje. Hvor mye av utslippene som stammer fra hver enkel energivare, kan fordeles ved hjelp av forbruk og faktor for hvert enkelt år. Også her gjelder det at noen bedrifter med spilloljeforbrenning rapporterer disse utslippene sammen med sine prosessutslipp. Dette gjelder særlig bedrifter innen produksjon av sement, kalk og leca. Utslipp fra spilloljeforbrenning fra disse bedriftene vil derfor bli kommentert under prosessutslippene.

EPA (2002) oppgir faktorer for TSP og PM₁₀, men ikke for PM_{2,5} (0). For TSP er utslippsfaktoren gitt som 64 * A, hvor A = 1,12 * Svovelprosent + 0,37 kg/1000 liter, mens for PM₁₀ er faktoren 51 * A.

EEA (2001) oppgir ingen faktorer for forbrenning av spillolje, men TNO (2002) oppgir utslippsfaktorer for spillolje avhengig av industrisektor og partikkel-fraksjon. Utslippsfaktorene varierer avhengig av rensegrad og hvor moderne anleggene er. Som tidligere er det gått ut fra at de mellomliggende faktorene er mest sannsynlige for norske anlegg som forbrenner spillolje, men som ikke rapporterer.

Tabell 3.14. EPAs utslippsfaktorer for forbrenning av spillolje i industrien¹. kg/tonn

	Utslippsfaktor (kg/tonn)
PM ₁₀	6,0
TSP	7,6

¹ Beregnet ut fra at svovelinnholdet i norsk spillolje er på 46 prosent.

Tabell 3.15. TNOs utslippsfaktorer for forbrenning av spillolje i industrien¹. kg/tonn

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Metall-industrien	0,61 / 4,06 / 20,3	0,28 / 2,4 / 10,15	0,12 / 1,42 / 4,06
Ikke-metallisk industri	0,61 / 4,06 / 20,3	0,28 / 2,4 / 10,15	0,40 / 2,23 / 8,53
Kjemisk industri	0,24 / 0,24 / 0,24	0,2 / 0,2 / 0,2	0,16 / 0,16 / 0,16
Treforedling	0,61 / - / 24,4	0,53 / - / 14,21	0,4 / - / 8,53
Andre industrisektorer	5,68 / 5,68 / 5,68	4,87 / 4,87 / 4,87	3,2 / 3,2 / 8,53

¹ Intervallene indikerer ulike utslippsfaktorer avhengig av rensegrad, forbrenningsforhold og alder på anleggene.

Tabell 3.16. Valgte utslippsfaktorer for forbrenning av spillolje. kg/tonn

	Utslippsfaktor (kg/tonn)
PM _{2,5}	1,42
PM ₁₀	2,40
TSP	4,06

Kilde: TNO (2002)

I tabell 3.15 er utslippsfaktorene foreslått av TNO presentert. Utslippsfaktoren for TSP er på 4,06 kg/tonn for metall- og ikke-metallisk industri. For kjemisk industri er faktoren på kun 0,24 kg/tonn, mens den for "andre industrisektorer" er på 5,68 kg/tonn spillolje. For PM₁₀ er faktoren på 2,4 kg/tonn, for metall- og ikke-metallisk industri, mens den for kjemisk industri og "andre industrisektorer" er faktorene på henholdsvis 0,2 kg/tonn og 4,87 kg/tonn. Når det gjelder PM_{2,5}, varierer faktorene oppgitt av TNO fra 0,16 kg/tonn til 3,2 kg/tonn avhengig av sektor.

I dagens modell er faktoren for PM₁₀ på 1,033 kg/tonn. Dette er den samme faktoren som for tungolje, men den ble benyttet i mangel av spesifikke utslippsfaktorer for spillolje.

SSB velger å benytte utslippsfaktorene foreslått av TNO (2002) oppsummert i tabell 3.16. Med dette blir PM_{2,5} lik 0,35 * TSP, mens PM₁₀ blir 0,6 * TSP.

Utslipp til luft av partikler fra spilloljeforbrenning i 2001 var 64 tonn. 24 tonn av dette besto av partikler mindre enn PM_{2,5}.

3.2.3.3. Treavfall

Partikkelutslipp fra treavfallsforbrenning i industrien avhenger hovedsakelig av sammensetningen av avfallet og rensesystemene som er i bruk ved hvert enkelt anlegg. Ved produksjon av masse fra ubarket tømmer vil barken som regel bli brent i et eget biobrenselsanlegg sammen med innkjøpt trevirke, og energien utnyttet i produksjonsprosessen. Noen industrier, f.eks møbelindustrien vil ha bare rent trevirke som brensel.

I Norge forbrennes treavfall bl.a. ved sagbruk, i treforedlingsindustrien og møbelindustrien. Moderne store anlegg vil som oftest ha gode rensesystemer for partikler. I Norge er de fleste anleggene ristfyrte, med unntak av to større anlegg i treforedlingsindustrien med sirkulerende "fluidised bed" (PIL 2000). De fire mest vanlige rensenanordninger som brukes internasjonalt for å redusere partikkelutslipp fra forbrenning av treavfall er sykkloner, våtscrubbere, ESP (elektrofiltre) og tekstilfiltre (EPA, 2002).

Fjorten bedrifter innenfor treforedling, treplate- og tregulvproduksjon rapporterer forbrenningsutslipp fra forbrenning av treavfall. I tillegg rapporterer en bedrift innenfor plastproduksjon (plastbelagt tre) og en innenfor pelletsproduksjon at de forbrenner treavfall. Flere treforedlingsbedrifter har rapportert utslipp av støv enn de som er beskrevet her, men disse har rapportert utslippene som prosessutslipp og vil bli beskrevet i avsnitt 4.3.4. Tre av bedriftene har også blant annet høyt forbruk av tungolje. Utslippstallene representerer derfor forbrenning av alle de ulike energivarene bedriftene benytter.

For de fleste bedriftene innenfor treforedling er det oppgitt at de renser utslippene med elektrofilter. Det antas at partiklene er mindre enn PM₁₀. I TNO (2002) oppgis det en størrelsesfordeling for forbrenning av treavfall i treforedlingsindustrien. SSB velger å benytte samme fordeling for de rapporterte utslippene. Med dette blir PM_{2,5} og PM₁₀ lik 0,94*TSP.

For de bedrifter som har forbrenning av treavfall, men som ikke rapporterer, vil man måtte benytte generelle utslippsfaktorer. Faktoren som ligger inne i SSB/SFTs utslippsmodell per i dag stammer fra EPA (1995) og er på 0,216 kg/tonn treavfall. Denne faktoren gjelder både for PM₁₀ og PM_{2,5}. Her var det antatt scrubberrensing (Haakonsen mfl. 1998). Nå sier Kjelforeningen Norsk Energi (personlig meddelelse, 2002) imidlertid at det kan antas at anlegg som ikke rapporterer til SFT ikke renser utslippene. Dermed vil den eksisterende faktoren være for lav og må erstattes.

Tabell 3.17 viser utslippsfaktorer oppgitt i TNO (2002) der disse varierer avhengig av om det er tatt hensyn til rensing eller ikke.

Tabell 3.17. TNOs utslippsfaktorer for forbrenning av treavfall i industrien¹. kg/tonn

	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Metallisk-, ikke-metallisk, kjemisk og treforedlingsindustrien	0,24 - 2,69	0,20 - 2,52	0,17 - 2,52
Andre industrisektorer	0,34 - 2,69	0,25 - 2,52	0,17 - 2,52

¹ Intervallene indikerer utslipp fra henholdsvis godt vedlikeholdte bedrifter med godt rensesystem til gamle bedrifter uten rensesystemer.

Tabell 3.18. Valgte utslippsfaktorer for forbrenning av treavfall i industrien. kg/tonn

	Utslippsfaktor (kg/tonn)
PM _{2,5}	2,52
PM ₁₀	2,52
TSP	2,69

Kilde: TNO (2002)

Faktorer for PM₁₀ og PM_{2,5} avhengig av renseteknologi er også foreslått i EPA (2002). For bedrifter uten renselanlegg oppgis en PM₁₀-faktor på 3,15 kg/tonn og en PM_{2,5}-faktor på 2,6 kg/tonn, mens det ikke foreligger noen faktorer for TSP.

Faktorene til TNO (2002) og EPA (2002) er i samme størrelsesorden for urensset utslipp. SSB velger imidlertid å benytte TNO-faktorene siden EPA ikke kommer med noen faktor for TSP (tabell 3.18). Med dette blir PM₁₀ og PM_{2,5} lik 0,94*TSP.

Den nye faktoren for PM₁₀ er dermed nesten 12 ganger større enn PM₁₀-faktoren som ligger inne i dagens utslippsmodell. Dette vil medføre høyere utslipp fra treavfallsforbrenning enn tidligere beregnet.

Det ble sluppet ut 207 tonn partikler fra forbrenning av treavfall i industrien i 2001. Mesteparten av dette var partikler mindre enn PM_{2,5}.

3.2.4. Landbruk, bygg og anlegg og tjenesteytende næringer

Både TNO (2002) og EPA (2002) foreslår faktorer som kan benyttes for forbrenning av ulike typer brensler i disse næringene.

Når det gjelder utslippsfaktorene foreslått av TNO, er det tatt utgangspunkt i utslippsfaktorene fra "andre industrisektorer". Disse faktorene er tidligere nevnt under hver energivare og er i hovedsak høyere enn for de andre industrisektorene. En samletabell er gitt i tabell 3.19.

EPA (2002) foreslår spesifikke utslippsfaktorer for forbrenning av olje i disse næringene (tabell 3.20). Når det gjelder forbrenning av kull, koks og petrolkoks skiller imidlertid ikke EPA mellom ulike næringer, men i stedet på ovnstype.

Kull, koks og petrolkoks

EPA (2002) benytter samme faktorer som for forbrenning i industrien. Det samme gjør NAEI i sin database. Denne faktoren er på 2,5 kg/tonn for PM₁₀.

Siden TNO oppgir egne faktorer for forbrenning i disse næringene, velger SSB å benytte disse (tabell 3.21). Den nye faktoren for PM₁₀ (2,8 kg/tonn) er dermed lavere enn den som ligger inne i dagens utslippsmodell (4,5 kg/tonn). Endring i faktor vil imidlertid ha lite å si for beregnet utslipp da det forekommer lite forbrenning av disse energivarene i disse næringene.

Olje

Samme faktorer som foreslått for industrien er valgt. Disse er hentet fra EPA (2002) og tar hensyn til svovelinnholdet i norske olje (tabell 3.21). Faktoren for PM₁₀ blir den samme som allerede ligger inne i dagens utslippsmodell hentet fra EPA (1995).

Spillolje

De eneste faktorene funnet i litteraturen for spilloljeforbrenning i disse næringene er i TNO (2002). Faktoren for TSP er 5,68 kg/tonn, mens faktorene for PM₁₀ og PM_{2,5} er henholdsvis 4,57 og 3,2 kg/tonn. I mangel av andre faktorer velger SSB å benytte disse faktorene (tabell 3.21).

Treavfall

Ingen andre faktorer enn de foreslått for forbrenning i industrien er funnet i litteraturen. De samme faktorene som valgt for treavfallsforbrenning i industrien, hentet fra TNO, blir derfor benyttet. Disse faktorene er 2,69 kg/tonn for TSP og 2,52 kg/tonn for PM₁₀ og PM_{2,5} (tabell 3.21).

Tabell 3.19. TNOs utslippsfaktorer for forbrenning av ulike typer energivarer i landbruk, bygg og anlegg og tjenesteytende næringer. kg/tonn

	Kull	Koks	Petrolkoks	Fyringsparafin	Tungolje	Spillolje	Treavfall
PM _{2,5}	0,84	0,86	1,05	0,22	1,6	3,20	2,52
PM ₁₀	2,8	1,71	2,1	0,22	2,0	4,57	2,52
TSP	4,2	2,85	3,50	0,22	2,47	5,68	2,69

Tabell 3.21. Valgte utslippsfaktorer for forbrenning av ulike typer energivarer i landbruk, bygg og anlegg og tjenesteytende næringer. kg/tonn

	Kull	Koks	Petrolkoks	Fyringsparafin	Fyringsolje	Tungdestillat	Tungolje	Spillolje	Treavfall
PM _{2,5}	0,84	0,86	1,05	0,123	0,119	0,400	0,673	3,2	2,52
PM ₁₀	2,8	1,71	2,1	0,160	0,154	0,614	1,033	4,57	2,52
TSP	4,2	2,85	3,5	0,296	0,286	0,714	1,201	5,68	2,69

Tabell 3.20. EPAs utslippsfaktorer for forbrenning av olje i landbruk, bygg og anlegg og tjenesteytende næringer. kg/tonn

	Fyringsparafin	Fyringsolje	Tungdestillat	Tungolje
PM _{2,5}	0,123	0,119	0,400	0,673
PM ₁₀	0,160	0,154	0,614	1,033
TSP	0,296	0,286	0,714	1,201

Det ble sluppet ut 130 tonn partikler fra forbrenning av ulike energivarer innenfor landbruk, bygg og anlegg og tjenesteytende næringer i 2001. 85 tonn av dette besto av partikler mindre enn PM₁₀, og 64 tonn av dette igjen var mindre enn PM_{2,5}.

3.2.5. Husholdningene

Ved er den viktigste energivaren når man skal beregne partikkelutslipp fra husholdningene, men det brennes også parafin og fyringsolje samt mindre mengder kull og koks. I tillegg brukes det noe naturgass og LPG. Omfanget av dette i husholdningene er imidlertid lite.

Kull og koks

Kull og koks har relativt høye utslippsfaktorer for partikler. Disse energivarene brukes det imidlertid lite av i norske husholdninger i dag, slik at totalutslippene knyttet til dem blir små. Utslippsfaktorene som ligger inne i dagens utslippsmodell er på 8,5 kg/tonn for kull og 3,0 kg/tonn for koks og er basert på Rosland (1987).

I NAEIs database ligger det inne en faktor for PM₁₀ på 10 kg/tonn for forbrenning av kull i husholdningene. Denne faktoren stemmer bra med utslippsfaktoren som ligger inne i dagens utslippsmodell.

I TNOs database er faktoren for TSP 4,2 kg/tonn (kull), mens PM₁₀ er 2,8 kg/tonn og PM_{2,5} er 0,84 kg/tonn (kull). Dette er de samme faktorene som er oppgitt for tjenesteytende næringer. SSB velger å benytte disse faktorene (0). Dette ga et utslipp på 11 tonn partikler i 2001, hvorav 7 og 2 tonn henholdsvis besto av partikler mindre enn PM₁₀ og PM_{2,5}.

Tabell 3.22. Valgte utslippsfaktorer for partikler fra forbrenning av kull og koks i husholdningene. kg/tonn

	Kull	Koks
PM _{2,5}	0,84	0,86
PM ₁₀	2,8	1,71
TSP	4,2	2,85

Kilde: TNO (2002)

Tabell 3.23. Valgte utslippsfaktorer for vedfyring i husholdningene. kg/tonn

	Tradisjonelle lukkede ildsteder	Rentbrennende ildsteder	Åpen peis
PM _{2,5}	36,4	5,6	15,7
PM ₁₀	40	6,2	17,3
TSP	40	6,2	17,3

Kilde: Haakonsen og Kvingedal (2001).

Ved i ovn og peis

I Haakonsen og Kvingedal (2001) ble det gjort en grundig gjennomgang av partikkelutslipp fra vedfyring i husholdningene. I dette arbeidet benyttes utslippsfaktorene anbefalt i denne rapporten.

Det ble anbefalt å benytte en utslippsfaktor på 40 kg/tonn ved for *tradisjonelle lukkede ildsteder*. Dette er en faktor som er basert på grundige analyser gjort ved SINTEF. Tidligere i SSB/SFTs utslippsmodell ble det brukt en faktor på 10 g/kg for partikkelutslipp fra all vedfyring. Faktoren var blitt brukt uavhengig av om veden ble forbrent i peis eller tradisjonell eller rentbrennende ovn. Faktoren var plukket ut av Rosland (1987) fra en litteraturgjennomgang gjort av Rådet for natur- og miljøfag ved Universitetet i Oslo (1986). NILU brukte samme faktor allerede ca. 1980 (Gram 2001).

Som et resultat av ulike tester på nye ulike *rentbrennende lukkede ildsteder* i Norge, ble det foreslått en faktor på 6,2 kg/tonn. Utslippsfaktoren for åpen peis ble anbefalt å være på 17,3 kg/tonn. Denne faktoren er basert på EPAs utslippsfaktormanual *Compilation of air pollutant emission factors (AP-42)*.

I Haakonsen og Kvingedal (2001) ble det, som i EPA (1995), antatt at alt partikkelutslipp kom innenfor PM₁₀. I Purvis mfl. (2000) oppgis det at *minst* 91 prosent av partiklene fra vedfyring er PM₁₀ og mesteparten av dette er igjen PM_{2,5}. Ut fra dette antas det at TSP er lik PM₁₀, mens PM_{2,5} er 0,91*PM₁₀ (tabell 3.23).

Vedfyring er den desidert største kilden til partikkelutslipp til luft, og i 2001 ble det sluppet ut hele 41 ktonn partikler fra denne kilden.

LPG

Gass utgjør i dag en ubetydelig del av energiforbruket i husholdningene. Noen få boliger har installert gasspeis eller gasskomfyr. Utslippsfaktoren som ligger inne i dagens utslippsmodell for PM₁₀ er 0,118 kg/tonn og er hentet fra EPA (1995). Revidert utgave av EPA (2002) anbefaler nå en faktor på 0,136 kg/tonn. Denne faktoren er imidlertid en faktor for LPG-forbrenning i industrien og tjenesteytende næringer. Det samme er faktoren på 0,009 kg/tonn som TNO anbefaler i sin database over utslippsfaktorer. Samme faktor er foreslått for de tre fraksjonene.

SSB velger å benytte faktoren anbefalt i EPA (2002). Dette ga et partikkelutslipp på under 1 tonn i 2001.

Fyringsolje

Ingen nye faktorer er funnet bortsett fra de som er oppgitt i EPA (1995) og som allerede ligger inne i SBB/SFTs utslippsmodell. Faktorene for PM₁₀ er 0,155 kg/tonn, mens faktoren for PM_{2,5} er 0,119 kg/tonn. Ingen faktor er oppgitt for TSP men Larssen (1997) kom med en faktor på 0,3 kg sot/tonn. SSB velger å benytte disse faktorene for de tre partikkelfraksjonene (tabell 3.24). Dette ga et utslipp av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5} på henholdsvis 30, 16 og 13 tonn i 2001.

Fyringsparafin

I SSB/SFTs utslippsmodell ligger det inne en faktor for PM₁₀ på 0,1 kg/tonn. Dette er en faktor hentet fra Larsen (1997), men som ikke skilte mellom forskjellige fraksjoner. Det ble antatt i hovedsak å være PM₁₀.

I TNOs database (2002) er faktoren 0,21 kg/tonn for de tre fraksjonene. EPA (2002) derimot anbefaler ulike faktorer avhengig av ovnens alder. Forbrenning av fyringsparafin i ovner produsert før 1970 får en utslippsfaktor på 0,44 kg/tonn, mens forbrenning i ovner produsert etter 1970 gir en utslippsfaktor på 0,06 kg/tonn. Utslippsfaktorene oppgitt fra EPA er for partikler større enn 0,3 µm, og både PM_{2,5} og PM₁₀ inngår derfor her.

Ved å benytte faktorene anbefalt i TNOs database, vil faktorene for fyringsparafin bli høyere enn faktorene valgt for fyringsolje. Dette vil ikke samsvare med faktorene valgt for fyringsparafin, siden forbrenning av fyringsparafin gir mindre utslipp av partikler enn forbrenning av fyringsolje.

Videre er det vanskelig å benytte faktorene EPA anbefalte, siden disse skiller på alder. Valg av den ene eller andre faktoren ville enten ha gitt en for høy eller for lav faktor, siden alderssammensetningen på ovnene brukt i Norge ikke er kjent.

Samme utslippsfaktor som for fyringsolje blir derfor valgt (tabell 3.24). Dette ga et utslipp på 30 tonn partikler i 2001. 13 tonn av dette besto av partikler mindre enn PM_{2,5}.

Tabell 3.24. Valgte utslippsfaktorer for forbrenning av fyringsparafin og fyringsolje i husholdningene. kg/tonn

	Fyringsparafin	Fyringsolje
PM _{2,5}	0,119	0,119
PM ₁₀	0,155	0,155
TSP	0,3	0,3

Kilde: EPA (1995) og Larsen (1991)

3.2.6. Avfallsforbrenning

Fjernvarmeanlegg

Alle kommunale avfallsforbrenningsanlegg har rapportert inn partikkelutslipp. Det varierer imidlertid når de første gang begynte å rapportere. Anlegg som har vært i drift i løpet av hele perioden har hovedsakelig rapportert siden 1994. Utslippstall for tidligere år har blitt satt lik det året de første gang rapporterte. Dette har blitt gjort siden rapporterte utslippstall fra hvert enkelt anlegg er relativt små. I tillegg vil en tilbakeberegning ved hjelp av rapporterte avfallsmengder også være usikker siden disse er mangelfulle.

Det ble installert en del nytt rensutstyr (våtvaskere) ved flere av de største forbrenningsanleggene på slutten av 1980-tallet. Etter dette skjedde det ikke så mye når det gjaldt rensesystemer før utslippskravene ble strengere rundt 1995. De fleste anleggene i dag har posefilter eller elektrofilter i tillegg til våtvaskere. Kun to anlegg har ikke våtvaskere. De har i stedet enten posefilter eller elektrofilter.

Fra 1995 ble altså partikkelutslippene redusert som følge av mer avansert rensesystem og/eller strengere utslippskrav som ble innført i 1995 (tabell 3.25).

Variasjonen i utslippene etter dette kan skyldes avfallssammensetning, driftsforhold og variasjon i forbrente avfallsmengder for de ulike årene. I tillegg må man anta at noe av svingningen kommer som en følge av få og lite representative målinger. Årsaken til nedgangen fra 2000 til 2001 er installering av posefilter hos ett av de største forbrenningsanleggene.

Utslippstillatelsene til forbrenningsanleggene angir ikke hvilken partikkelstørrelse det skal måles på. Det mest vanlige er å måle totalmengde støv. Ifølge Kjelforeningen Norsk Energi (KNE) (personlig meddelelse, 2002) er partikkelstørrelsen på partiklene som slippes ut generelt mindre enn PM₁₀. Ifølge TNO (2002) er alle partiklene som slippes ut fra forbrenning av

kommunalt avfall mindre enn PM_{2,5}. Med dette blir TSP og PM₁₀ lik PM_{2,5}.

I tillegg til ordinært avfall forbrennes det treavfall, fyringsolje og mindre mengder gass og tungdestillat ved ulike fjernvarmeanlegg. For beregning av utslipp fra disse energikildene benyttes de samme faktorene som benyttet i industrien. Bortsett fra forbrenning av treavfall er utslippene fra de andre energikildene neglisjerbare. Forbrenning av disse energivarene ga et utslipp på 18 tonn i 2001. Nær 87 prosent av dette besto av partikler mindre enn PM_{2,5}.

Forbrenning av sykehusavfall

De fleste av anleggene med forbrenning av sykehusavfall har rapportert utslipp av partikler fra 1994. Det har vært en betydelig nedgang i utslippene fra 1994 (tabell 3.26). Årsaken er installering av elektrofilter ved ett av anleggene med høye partikkelutslipp. Det kan ikke ses bort i fra at utslippene har vært større enn de presentert i tabell 3.26, siden noen av anleggene kan ha startet sin rapportering etter at de har installert bedre rensutstyr.

Som for fjernvarmeanlegg angis det heller ikke her i utslippstillatelsen hvilken partikkelstørrelse det skal måles på. Det antas derfor, etter opplysninger fra Kjelforeningen, at størrelsen generelt er mindre enn PM₁₀. De fleste anleggene har elektrofilter sammen med våtvaskere. Det er ikke funnet noen fordeling av partikkelutslipp fra forbrenning av sykehusavfall i litteraturen. SSB velger å benytte samme fordeling som for kommunalt avfall. Da blir TSP og PM₁₀ lik PM_{2,5}.

3.2.7. Brønntesting

Oljeindustriens landsforening (OLF) har blant annet målt utslipp av karbon (sot) ved fullskalaforsøk for utslipp fra brønntesting. De målte da et utslipp på 25 kg sot/tonn forbrent olje. Siden denne faktoren er i sot er den ikke direkte sammenlignbar med de fraksjonsbetegnelse som benyttes i dette arbeidet. I mangel av annen informasjon velges denne faktoren for TSP, og bruker videre fordelingen fra forbrenning av tungolje i industrien for PM₁₀ og PM_{2,5}.

804 tonn partikler ble sluppet ut til luft fra brønntesting i 2001.

Tabell 3.25. Rapporterte partikkelutslipp fra fjernvarmeanlegg. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	31,9	24,4	19,6	44,1	40,8	30,2	16,8

Tabell 3.26. Rapporterte partikkelutslipp fra forbrenning av sykehusavfall. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	901,6	901,6	901,6	901,6	901,0	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,4	0,4

3.2.8. Annet

Husbranner

Branner er helt klart en kilde til partikkelutslipp. Direktoratet for brann- og elsikkerhet (DBE) oppgir at i 2001 var det 1 746 boligbranner i Norge og 1 449 branner i andre bygninger. Dette er branner som er innrapportert til brannvesenet. Antall bolig- og bygningsbranner har holdt seg relativt stabilt siden 1990, men hadde en topp i 1996.

Det er vanskelig å anslå hvor mye materiale som brenner i slike branner. I Finstad mfl. (2002) ble det gjort en beregning av hvor mye som går tapt i en brann, på grunnlag av skadebeløp og hvor mye av boligen og inventaret som brant.

Det er ikke funnet utslippsfaktorer for partikkelutslipp fra husbranner. Det antas imidlertid at utslippene kan være betydelige, og det bør derfor gjøres videre arbeid på dette for å prøve å fremskaffe data.

I mellomtiden velger SSB å benytte samme faktorer som for forbrenning av ved i husholdningene. Dette ga et partikkelutslipp på 549 tonn i 2001.

Bilbranner

Utslippsfaktorer knyttet til bilbranner er ikke blitt funnet i litteraturen. EPA (2002) oppgir imidlertid utslippsfaktorer knyttet til forbrenning av bilvrak der bildekkene er fjernet. Faktorene er imidlertid basert på at forbrenningen skjer i et forbrenningskammer, og de kan derfor ikke direkte sammenlignes med ukontrollerte bilbranner.

Utslippsfaktoren EPA (2002) foreslår er 0,9 kg/bil. De kommer samtidig med en utslippsfaktor knyttet til forbrenning av bildekk på 1,4 kg/bil. Dette til sammen gir en utslippsfaktor på 2,3 kg/bil. Partikkelstørrelsen ligger ifølge EPA på rundt PM_{10} , men ingen data foreligger som kan støtte denne hypotesen. SSB velger å benytte samme faktor for alle de tre partikkelfraksjonene.

Direktoratet for brann- og elsikkerhet (DBE) opplyser at det i 2001 var 1 531 bilbranner i Norge. Dette er branner hvor brannvesenet ble tilkalt. I tillegg kan det være noen mindre branner. Skadeomfanget i bilbranner hvor brannvesenet blir tilkalt er gjerne høyt. Antallet bilbranner har også holdt seg relativt stabilt siden 1990. Med en antagelse om at 2,3 kg partikler dannes per bilbrann, bidro denne kilden med et partikkelutslipp på 3,5 tonn i 2001.

Andre branner

Herunder kommer skogbranner, bålbrenning og brenning av hageavfall.

Partikkelutslipp fra skogbranner kan være vesentlige. Dette antas imidlertid for å være en "naturlig utslipps-

kilde" 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.

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

Halmbrenning

Partikkelutslipp fra halmbrenning har tidligere ikke blitt beregnet. Aktivitetsdata fra halmbrenning kan baseres på anslag gjort ved Planteforsk (Stabbetorp 2001) som kombineres med SSBs egen gjødselbalanse. I utslippsberegningene er det lagt til grunn at halmbrenning er redusert fra anslagsvis 30 prosent av avlingen i 1990 til 15 prosent i 2000 (Finstad et al. 2000).

EPA (2002) foreslår en faktor på 11 kg/tonn halm. De skiller imidlertid ikke mellom de ulike partikkelstørrelsene, men nevner at det dreier seg hovedsakelig om små partikler ("submicrometer size range").

TNO oppgir utslippsfaktorer avhengig av partikkelfraksjon knyttet til forbrenning av jordbruksavfall. Halmbrenning er ikke nevnt spesielt, og utslippsfaktorene kan nødvendigvis ikke knyttes direkte til halmbrenning. SSB velger å benytte utslippsfaktorene foreslått av EPA (2002) for de tre partikkelfraksjonene (tabell 3.27). Dette ga et partikkelutslipp på 2 015 tonn i 2001.

Tabell 3.27. Valgte utslippsfaktorer for halmbrenning

	Faktor (kg/tonn)
$PM_{2,5}$	11
PM_{10}	11
TSP	11

Kilde : EPA (2002)

Kremasjoner

EEA (2001) oppgir to ulike utslippsfaktorer knyttet til kremasjoner. Disse faktorene er hentet fra henholdsvis EPA (1996) og CANA (1993) (tabell 3.28). Disse to faktorene er betydelig forskjellige i størrelse. Årsaken er ifølge EEA (2001), at forskjellige brennstoffer er benyttet, forskjellige designoppsett eller et resultat av få målinger. Det er heller ikke oppgitt i EEA hvilken partikkelfraksjon faktorene representerer, men det antas at det her er snakk om PM_{10} .

I NAEIs database over utslippsfaktorer ligger det en faktor for PM_{10} på $2,5 \cdot 10^{-5}$ kg/kremasjon. Det står ikke hvor denne faktoren er hentet fra, men sannsynligvis er det fra EPA (1996) siden faktorene er identiske. SSB velger å benytte utslippsfaktoren som EPA og NAEI benytter (tabell 3.28). Siden det ikke foreligger noe informasjon om partikkelstørrelse antas det samme faktor for TSP, PM_{10} og $PM_{2,5}$.

Tabell 3.28. Utslippsfaktorer for partikler fra kremasjoner. kg/kremasjon

Kilde	Utslippsfaktor (kg/kremasjon)
EPA (1996) ¹	$2,5 \times 10^{-5}$
CANA (1993) ²	$2,2 \times 10^{-1}$
NAEI	$2,5 \times 10^{-5}$
Valgt utslippsfaktor	$2,5 \times 10^{-5}$

¹ Utslippsfaktoren inkluderer 2 kg papp og 1 kg kiste

² Utslippsfaktoren inkluderer papp, klær og kiste

Med 11 000 kremasjoner i 2001 ga dette et partikkelutslipp på kun 28 kg i 2001.

Dyreskrotter

Forbrenning av dyreskrotter er ofte dårlig kontrollert og forebrenningen er ofte ufullstendig da det viktigste er desinfisering og fullstendig utrydding av biologisk aktivitet (UNEP, 2001). Type ovn som blir benyttet varierer, men de er ofte enkle og ikke konstruert for å garantere kontrollerte forbrenningsforhold. I EEA (2001) er forbrenning av dyreskrotter nevnt som en kilde for partikkelutslipp. Både utslippsfaktorer og aktivitetsdata mangler, slik at det ikke er mulig å beregne utslipp fra denne kilden.

Grilling med trekull

TNO oppgir en utslippsfaktor på 2,4 kg/tonn grillkull for de tre partikkelfraksjonene. Andre faktorer er ikke funnet i litteraturen, og SSB velger å benytte denne faktoren for de tre partikkelfraksjonene. Med et forbruk på 2 000 tonn grillkull i 2001, ga dette et partikkelutslipp på 4,8 tonn partikler.

Sigarettrøyking

Ifølge TNO (2002) er utslippsfaktoren på 40,0 kg/tonn tobakk gjeldende for de tre partikkelfraksjonene. Ifølge Helsedirektoratet (1990) er partikkelstørrelsen i sidestrømmen i en sigarett 0,01 til 0,8 µm, og man kan derfor bruke samme faktorer både for PM₁₀ og PM_{2,5}.

Utslippsfaktoren som tidligere lå inne på 118 kg/tonn var beregnet av SSB på grunnlag av verdier fra Helse-direktoratet (1990). SSB velger å benytte utslippsfaktorene foreslått av TNO (2002). Med et tobakksforbruk på 5 123 tonn i 2001, ble det sluppet ut 205 tonn partikler fra denne kilden i 2001.

3.3. Prosessutslipp

3.3.1. Raffinerier

Det er i dag to raffinerier i Norge, der kun ett raffineri rapporterer partikkelutslipp. Dette raffineriet har rapportert utslipp av partikler fra prosess siden 1990,

men med et opphold fra 1992 til 1996. Det er antatt at forbrenningsutslippene er inkludert i de rapporterte prosessutslippene. Dette raffineriet er også det eneste som har katalytisk cracking i Norge.

Utslipp for 1990, 1991 og 1993 blir satt lik utslippet rapportert i 1992. I 1993 fikk bedriften endret og strengere utslippstillatelse, og fra 1994 ble det innført rensing på utslippene fra kokskalsineringsanlegget. Utslipp i 1994 og 1995 blir derfor satt lik utslippet rapportert i 1996.

Det var en nedgang i utslippene på over 60 prosent fram til 1997. Årsaken til dette var strengere utslippskrav og installering av posefilter og sjøvannsvasker på kokskalsineringsanlegget. Fra 2000 til 2001 økte utslippene som en følge av driftsproblemer i 2001.

Utslippene stammer fra den katalytiske crackingen og kokskalsinering. Utslippene blir rensset med elektrofilter, posefilter og sjøvannsvasker, og det antas at utslippene er PM_{2,5}, som følge av rensseteknologi. Antagelsene gjelder når rensesystemene fungerer etter hensikt.

For det andre raffineriet beregnes det kun utslipp fra forbrenning, og dette blir gjort ved hjelp av generelle utslippsfaktorer.

Utslippene rapportert presenteres ikke i egen tabell siden kun ett raffineri rapporterer utslipp.

3.3.2. Jern- og stålproduksjon

Prosessutslipp av partikler fra jern- og stålproduksjon rapporteres fra syv bedrifter. Fire av disse bedriftene har så lave partikkelutslipp at de ikke blir medberegnet i dette arbeidet. Av de tre andre bedriftene har to rapportert siden 1990, mens den tredje har rapportert siden 1998. For de år hvor utslipp ikke er rapportert, er utslippene satt lik det rapporterte utslippet i 1998. Variasjonen i utslippene skyldes blant annet driftsvariasjoner og usikkerhet i målingene som foretas (tabell 3.29).

Det antas fra SFT at størrelsen på partiklene som slippes ut hovedsakelig er mindre enn PM_{2,5}, da dette er fordampningsutslipp som kondenserer. Det kan ikke ses bort fra at noe av partiklene som slippes ut er større enn PM_{2,5}, men hovedvekten av partiklene vil mest sannsynlig være mindre enn PM_{2,5}. Med dette blir TSP og PM₁₀ lik PM_{2,5}.

Tabell 3.29. Utslipp av partikler fra jern- og stålproduksjon. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	91	286	158	156	160	118	110	126	137	147	131	133

Tabell 3.30. Utslipp av partikler fra produksjon av ferrolegeringer. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	3 900	3 675	3 360	4 064	4 830	5 763	4 778	7 663	5 546	3 743	4 849	3 375

Tabell 3.31. Utslipp av partikler fra aluminiumsproduksjon. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	1 061	1 039	888	895	847	741	714	867	760	846	979	1 179
PM ₁₀ = TSP	2 468	2 418	2 068	2 082	1 976	1 723	1 661	2 019	1 770	1 968	2 279	2 742

3.3.3. Produksjon av ferrolegeringer

Alle bedrifter som produserer ferrosilisiuim, ferrokrom- og mangan rapporterer inn sine partikkelutslipp. Noen har rapportert siden 1990, mens andre har rapportert siden 1992. For disse bedriftene har utslipp fra 1990 og 1991 blitt satt lik utslippet i 1992. Økningen i utslippene fra 1990 til 1995 skyldes økt produksjon. Variasjonene i utslippene skyldes ulike driftsproblemer og prosessendringer som de ulike bedriftene har hatt i løpet av årene. De høye utslippene i 1997, 1998 og 2000 er en følge av uhell i rensesystemene slik at disse i perioder har vært ute av drift. Dette gjaldt to anlegg (tabell 3.30).

Ifølge Inger J. Eikeland i Elkem (Eikeland, 2002) regner man med at 100 prosent av partikkelutslippet som blir rapportert er PM_{2,5}. Dette er for øvrig et anslag, og man kan ikke se bort i fra at noe av utslippene er større enn PM_{2,5}. SSB velger å anta at partiklene som slippes ut er mindre enn PM_{2,5} også for de andre ferroanleggene som produserer ferromangan og ferrokrom.

3.3.4. Produksjon av aluminium

Primær aluminium

Alle aluminiumsbedriftene har rapportert inn utslipp av partikler fra 1990. Det har vært noen svingninger i de rapporterte utslippene som følge av ulike driftsproblemer i løpet av denne perioden. Det har vært en økning i utslippene fra 1999. Deler av denne økningen er ikke reell, da økningen kan skyldes at diffuse utslipp (lagring og lasting av Al-oksyd) er inkludert i de rapporterte tallene for 2000 og 2001 for en bedrift.

Det antas at mesteparten av partiklene som slippes ut er mindre enn PM₁₀. En fordeling av partikkelutslipp fra aluminiumsproduksjon er ifølge TNO (2002) slik at TSP er tilnærmet lik PM₁₀ (97 prosent), mens PM_{2,5} er 0,43*TSP. Denne fordelingen er benyttet i dette arbeidet for de rapporterte utslippene.

Sekundær aluminiumsproduksjon

Et valseverk i Norge driver med sekundær aluminiumsproduksjon. Bedriften har rapportert inn sitt partikkelutslipp siden 1993. Utslipp fra 1990 til 1992 har blitt satt lik utslippet rapportert i 1993. Utslippene har variert som en følge av måleusikkerhet og prosessomlegginger. Det har vært en nedgang i utslipp fra 1998 som følge av installering av nytt

renseanlegg. Størrelsesfordelingen på partiklene som slippes ut antas ifølge TNO (2002) å være at PM₁₀ = 0,8 * TSP og PM_{2,5} = 0,32* TSP.

Anodeproduksjon

Det er tre anodefabrikker i Norge. Utslipp fra den ene bedriften er rapportert sammen med utslippene fra den totale aluminiumsproduksjonen til bedriften. Den andre har rapportert inn sine partikkelutslipp fra 1990, mens den tredje har rapportert siden 1992. Utslipp i 1990 og 1991 er satt lik utslippet rapportert i 1992. Årsaken til variasjonene i utslippene er ifølge SFT driftsproblemer og driftsvariasjoner ved den ene bedriften.

Det antas fra SFT at partiklene som slippes ut er mindre enn PM₁₀. Man skulle anta at en del av dette er mindre enn PM_{2,5}. Det er ikke funnet noe informasjon knyttet til fordeling av partikkelfraksjoner for utslippet fra anodeproduksjon. I mangel av noe annet velges det derfor å benytte samme fordeling som for aluminiumsproduksjon. Med dette blir PM₁₀ lik TSP, og PM_{2,5} er 0,43*TSP.

Rapporterte prosessutslipp fra primær og sekundær aluminiumsproduksjon samt anodeproduksjon er vist i tabell 3.31.

3.3.5. Produksjon av andre metaller

Produksjon av magnesium

I 2002 ble primærproduksjon av magnesium lagt ned ved Norges eneste fabrikk. Bedriften rapporterte første gang i 1992. Utslipp i 1990 og 1991 er muligens større enn utslippet rapportert i 1992, da det i 1990 og 1992 ble satt i gang nye renseanlegg. Å estimere et utslipp vil imidlertid være for usikkert. I stedet benyttes rapportert utslipptall i 1992 for disse årene. De rapporterte utslippene har variert en del fra år til år. Det har ingen annen forklaring enn måleusikkerhet i prøveanalysene, drifts- og produksjonsvariasjoner. Forbrenningsutslippene fra bedriften antas å være inkludert i de rapporterte prosessutslippene.

Partiklene som slippes ut antas å være mindre enn PM₁₀. TSP settes derfor lik PM₁₀. Det er ikke funnet informasjon knyttet til hvor mye av utslippet som kan antas å være PM_{2,5}. SSB velger å benytte samme fordeling som for produksjon av aluminium (avsnitt 3.3.4), der PM_{2,5} er 0,43*TSP.

Produksjon av sink

Det er rapportert utslipp fra produksjon av sink siden 1991. Utslipet i 1990 er satt lik utslippet rapportert i 1991. De rapporterte utslippene har variert i løpet av denne perioden som følge av måleusikkerheter og variasjoner i prosessen. Det har vært en nedgang i utslippene fra 1998 som følge av driftsendringer.

Det antas fra SFT at størrelsen på partiklene som slippes ut er mindre enn PM_{10} . Ifølge TNO (2002) er PM_{10} lik $0,9 \cdot TSP$, mens $PM_{2,5}$ er $0,8 \cdot TSP$. Vi velger å benytte denne fordelingen.

Produksjon av nikkel

En bedrift med produksjon av nikkel har rapportert sine utslipp av partikler fra 1992. Utslipp før dette antas å være i samme størrelsesorden som utslippet rapportert i 1992. Utslippstillatelsen setter krav til støv fra tappegass (EM-smelteovn), gassrensaneanlegg (EM-smelteovn) og fra transport, knusing, pakking og lignende av råvare og produkt. Alle utslippskilder i bedriften har minimum våtvasker, og man regner med at partikkelstrømmen går gjennom våtvaskeren. Alle rensesystem ble installert før 1990 og det antas at alt støv er $PM_{2,5}$. Med dette blir TSP og PM_{10} lik $PM_{2,5}$.

Rapporterte utslipp fra produksjon av magnesium, sink og nikkel er vist i tabell 3.32.

3.3.6. Støping av metaller

Når det gjelder utslipp fra støping av metaller, er utslipp rapportert fra hele 16 bedrifter, men to av disse har utslipp under 1 tonn og vil ikke bli tatt med i dette arbeidet. Når det gjelder de resterende bedriftene, har de fleste rapportert siden 1992, med unntak av tre bedrifter som har rapportert fra henholdsvis 1994,

1997 og 1998. Utslipp for tidligere år har blitt satt lik utslippet for det året de første gang rapporterte. De fleste bedriftene har lave utslipp, og i 2001 hadde kun tre av disse bedriftene utslipp på over 5 tonn.

Det er oppgitt for de fleste av disse bedriftene at de renser utslippene sine gjennom filter, mens andre har våtvasker eller sykloanlegg. Det er imidlertid vanskelig å anta noen partikkelstørrelse på partiklene som slippes ut, da blant annet filtrene kan være av forskjellig type og alder. Ifølge TNO (2002) kan man benytte en fordeling der PM_{10} er $0,3 \cdot TSP$, mens $PM_{2,5}$ er $0,045 \cdot TSP$ for utslipp fra støping av metaller. Denne fordelingen blir benyttet i dette arbeidet (tabell 3.33).

3.3.7. Produksjon av sement og kalk

Produksjon av leca

Helt siden 1990 har tre bedrifter i Norge som produserer leca rapportert inn sine partikkelutslipp. Den ene bedriften har imidlertid så lave utslipp at den ikke blir medberegnet her. Bedriftene har rapportert sine utslipp som prosessutslipp, men det antas at også bedriftenes forbrenningsutslipp er inkludert i rapporterte utslippene. Det blir derfor ikke beregnet utslipp fra forbrenning fra disse bedriftene.

Utslippene har gått betraktelig ned, med 80 prosent fra 1990 til i dag, som følge av bedre drift ved anleggene. Det er ikke funnet noe informasjon knyttet til størrelsen på partiklene som slippes ut, annet enn at SFT antar at partiklene i hovedsak er mindre enn PM_{10} . I dette arbeidet blir det benyttet samme partikkelfordeling som foreslått av TNO (2002) for produksjon av sement, der PM_{10} er lik $0,9 \cdot TSP$, mens $PM_{2,5}$ er $0,4 \cdot TSP$.

Tabell 3.32. Utslipp av partikler fra produksjon av andre metaller. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
$PM_{2,5}$	85	85	89	80	71	58	59	67	67	79	94	85
PM_{10}	175	175	179	169	142	115	125	147	143	175	210	194
TSP	176	176	181	170	143	116	127	148	145	176	211	194

Tabell 3.33. Utslipp av partikler fra støping av metaller. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
$PM_{2,5}$	6	6	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4
PM_{10}	40	40	40	38	33	33	31	29	28	25	26	26
TSP	134	134	134	127	108	109	103	96	92	83	87	86

Tabell 3.34. Utslipp av partikler fra produksjon av leca, sement og kalk. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
$PM_{2,5}$	121	117	75	109	143	93	76	104	69	54	50	61
PM_{10}	315	306	207	298	388	254	212	291	194	147	139	165
TSP	370	359	246	353	458	305	260	348	238	172	163	194

Produksjon av sement og kalk

To sementbedrifter og en kalkbedrift rapporterer inn sine partikkelutslipp. Når det gjelder sementbedriftene har den ene rapportert siden 1991, mens den andre har rapportert siden 1992. De rapporterte utslippene varierer til dels mye fra år til år. Årsaken til dette er flere, men i tillegg til måleusikkerheter skyldes variasjonene driftsendringer bedriftene har gjort for å redusere utslippene.

Bedriften som produserer kalk har rapportert inn partikkelutslipp siden 1990. Utslipp fra 1990 til og med 1995 er faktorberegnet av bedriften basert på produksjonsvolum for de enkelte årene. Fra 1996 til og med 2001 er utslippstallene basert på målinger. Nedgangen i utslipp fra 1996 skyldes endring i rutiner for oppfølging av filteranlegg og installering av tekstilfilter på hydratanlegget i 1997.

For sementbedriftene antas det at størrelsen på partiklene som slippes ut er mindre enn PM_{10} . For kalkbedriften er det ikke oppgitt noen antagelser på størrelsen på partiklene som slippes ut.

I litteraturen er det funnet en fordeling for partikkelutslipp fra sementproduksjon der PM_{10} er $0,85 \cdot TSP$, mens $PM_{2,5}$ er $0,3 \cdot TSP$, mens den for kalkproduksjon er slik at PM_{10} er lik $0,4 \cdot TSP$, mens $PM_{2,5}$ er $0,08 \cdot TSP$ (TNO, 2002). Disse fordelingene er benyttet i dette arbeidet.

Rapporterte utslipp fra produksjon av leca, sement og kalk er presentert samlet i tabell 3.34.

3.3.8. Steinullproduksjon

Det er tre bedrifter som produserer steinull i Norge, og alle har rapportert inn partikkelutslipp siden 1990. Økning i utslippene fra 1990 er et resultat av økt steinullproduksjon. De årlige variasjonene i utslippene kommer som en følge av mer eller mindre store driftsproblemer blant de tre bedriftene. Bedriftene har imidlertid gjennomført tiltak for å redusere utslippene, noe som har resultert i en reduksjon av utslippene de siste årene.

Ifølge bedriften kommer det meste av partikkelutslippet fra spinnkammeret. Partiklene som slippes ut er mindre enn $1 \mu m$. Noe av dette vil også være under $0,1 \mu m$. Partikkelutslipp fra posefilteret antas også å være under $1 \mu m$. Det vil si at alt partikkelutslipp inngår i $PM_{2,5}$ (tabell 3.35).

3.3.9. Produksjon av gips- og glassprodukter*Gipsproduksjon*

To bedrifter rapporterer inn sine partikkelutslipp fra gipsproduksjon. Den ene bedriften har imidlertid så

lave utslipp at disse ikke vil bli medberegnet. Den andre bedriften har rapportert inn partikkelutslipp siden 1992. Utslipp i 1990 og 1991 er satt lik utslippet i 1992. Utslippene renses i posefilter, og det antas at størrelsen på partiklene som slippes ut er mindre enn PM_{10} . Ifølge TNO (2002) er $PM_{2,5}$ lik $0,3 \cdot PM_{10}$ for gipsproduksjon, mens TSP er lik PM_{10} . SSB velger å benytte denne fordelingen.

Produksjon av glass og glassprodukter

Seks bedrifter som produserer glass og glassprodukter har rapportert inn sine partikkelutslipp. Det varierer når bedriftene begynte å rapportere, og 3 av disse bedriftene har hatt så lave utslipp at de ikke vil bli medberegnet i dette arbeidet. De tre bedriftene som har blitt tatt med, har hatt utslipp i størrelsesorden 10-80 tonn årlig. To av disse bedriftene har rapportert siden 1990, mens den tredje rapporterte første gang i 1995. Utslipp fra 1990 til 1994 har da blitt satt lik utslippet i 1995. I 1999 ble denne bedriften lagt ned.

Partikkelutslippene økte fra 1990 til 1995 som følge av økt produksjon i denne perioden. Fra 1995 har prosessen endret seg slik at utslippene har blitt redusert. Fra 1998 til 1999 har nedgangen vært på over 60 prosent som en følge av at den ene bedriften ble nedlagt.

Når det gjelder størrelsen på partiklene som blir sluppet ut i denne prosessen, antas det fra SFT at dette er finpartikler med en størrelse på $PM_{2,5}$ og mindre. Dette stemmer bra med den fordelingen TNO (2002) foreslår, der 80 prosent regnes som $PM_{2,5}$. PM_{10} er $0,9 \cdot TSP$. SSB velger å benytte denne fordelingen.

Rapporterte utslipp av partikler fra produksjon av gips, glass- og glassprodukter er vist i tabell 3.36.

3.3.10. Karbidproduksjon

Partikkelutslipp fra karbidproduksjon rapporteres fra fire bedrifter. Tre av bedriftene produserer silisiumkarbider, mens den fjerde produserer kalsiumkarbid. To av bedriftene har rapportert siden 1990, mens de to andre har rapportert fra henholdsvis 1991 og 1992. For de år hvor utslippstall ikke har blitt rapportert har vi satt utslippet lik det året da det ble først rapportert. For den ene bedriften har vi imidlertid sett bort i fra utslippstall rapportert fra 1990 til og med 1993. Årsaken er at bedriften selv mener at disse tallene ikke er representative, men en følge av ulike måle- og beregningsmetoder. I dag har de pålitelige måleinstrumenter som viser det riktige bildet av partikkelutslippet, slik at vi benytter disse dataene også for tidligere år.

Tabell 3.35. Utslipp av partikler fra steinullproduksjon. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	43	86	89	66	75	123	125	103	124	102	90	89

Tabell 3.36. Utslipp av partikler fra produksjon av gips, glass- og glassprodukter. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	118	97	136	121	138	169	101	91	119	50	50	59
PM ₁₀	154	131	175	150	170	209	132	123	154	76	75	82
TSP	168	142	191	164	186	229	144	133	168	81	80	88

Tabell 3.37. Utslipp av partikler fra karbidproduksjon. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	1015	1015	857	1245	1294	1364	1308	1096	1045	726	656	738

Reduksjonen i utslippene fra 1996 er en følge av at en bedrift har lagt ned sitt utelager av sand- og støvmaterialer samt endrede driftsrutiner. Det foreligger ingen detaljert oversikt over størrelsen på partiklene som blir sluppet ut, men det antas fra SFT at de er i samme størrelsesorden som utslipp fra ferroanleggene. Her er det antatt at partiklene som slippes ut er mindre enn PM_{2,5}. Dette er et usikkert estimat, og man kan ikke se bort i fra at noe av dette kan være større enn PM_{2,5}.

Rapporterte utslippstall fra produksjon av karbider er vist i tabell 3.37.

3.3.11. Annen kjemisk industri

Produksjon av gjødsel og nitrogenforbindelser

To bedrifter har rapportert inn sitt partikkelutslipp. Den ene fra 1990, den andre siden 1992. Utslipp før dette antas å være i samme størrelsesorden som utslippet i 1992. Den ene bedriften har rapportert både et forbrenningsutslipp og et prosessutslipp. Siden forbrenningsutslippet kun er 1 prosent av prosessutslippet i tillegg til at det for noen år er unnlatt å rapportere forbrenningsutslipp, velger vi å inkludere de rapporterte forbrenningsutslippene sammen med prosessutslippene. For denne bedriften foreligger det ingen informasjon om rensesystemer i bruk og hvilken størrelse det er på partiklene som slippes ut, men SFT antar at partiklene som slippes ut i hovedsak er mindre enn PM₁₀.

Den andre bedriften installerte posefilter på begynnelsen av nittitallet, og dette har medført en gradvis reduksjon i utslippene. Det antas fra bedriften at partiklene som slippes ut er i størrelsesorden 0,05-1 mm.

I TNO (2002) er det oppgitt at produksjon av nitrogenholdig gjødsel gir følgende fordeling på partiklene som slippes ut: PM₁₀ = 0,8*TSP, mens PM_{2,5} er lik 0,6*TSP. SSB velger å benytte denne partikkelfordelingen på partiklene som slippes ut.

Produksjon av maling og lakk

Når det gjelder utslipp fra produksjon av maling og lakk, er det to bedrifter som har rapportert. Den ene har kun rapportert for 1991 i perioden 1990 til i dag. Den rapporterte imidlertid i 1985 og i 1989. Utslippet rapportert i 1991 virker uforholdsmessig stort i forhold til utslipp rapportert for tidligere år, og er ikke tatt med i beregningene siden dette med stor sannsynlighet er feilrapportering i tillegg til at bedriften ikke har krav til rapportering.

Den andre bedriften har rapportert siden 1995, da den først i 1994 fikk tillatelse for utslipp til luft av partikler. Utslippene er imidlertid små. Det antas at størrelsen på partiklene som slippes ut er mindre enn PM_{2,5}. Med dette blir TSP og PM₁₀ lik PM_{2,5}.

Produksjon av såpe og vaskemidler, rense- og polermidler

To bedrifter har rapportert utslipp av partikler. Den ene bedriften har rapportert kun for årene 1990 og 1991. Etter dette har ikke bedriften rapportert, da den har hatt midlertidig tillatelse uten krav om rapportering av partikkelutslipp. Utslipp etter dette blir ikke tatt med i dette arbeidet, da verken SFT eller bedriften sitter inne med informasjon som kan benyttes for å anslå størrelsen på senere utslipp.

Den andre bedriften rapporterte utslipp i 1992 til og med 1994. Det blir antatt at utslipp før 1992 er på samme størrelse som utslippet rapportert i 1992. For årene 1996-1997 har utslippene blitt satt lik utslippet i 1995. Siden 1997 har ikke utslipp av partikler blitt rapportert.

Utslippene ble rensset med filtere og scrubber, og det antas at utslippene var PM_{2,5} og mindre.

Produksjon av basisplast

En bedrift rapporterer inn sine partikkelutslipp. Bedriften har rapportert siden 1992, og utslipp i 1990 og 1991 har blitt satt lik utslippet i 1992. Vi har imidlertid sett bort fra det rapporterte utslippet i 1995,

da det sammenlignet med utslippene for andre år var uforholdsmessig stort. Siden ingen informasjon knyttet til årsaken til dette høye utslippet er tilgjengelig, er det valgt å se bort fra det og i stedet midlet utslippet mellom utslippet rapportert i 1994 og 1996. Det var en nedgang i utslippene fra 1996 som følge av nye og strengere utslippskrav fra 1997.

Utslippene renses i sykloner, men det foreligger ingen informasjon om partikkelstørrelse. Det antas fra SFT at partiklene i hovedsak er større enn PM_{10} . I rapporten fra TNO (2002) er det oppgitt en størrelsesfordeling der PM_{10} er $0,38 \cdot TSP$, mens $PM_{2,5}$ er $0,038 \cdot TSP$. SSB velger å benytte denne fordelingen.

Produksjon av kjemikalier og kjemiske produkter

Når det gjelder prosessutslipp fra produksjon av andre kjemikalier og kjemiske produkter, er det to bedrifter som har rapportert utslipp. Den ene har rapportert siden 1990, der utslippene består hovedsakelig av limstøv som blir renses via posefilter. Antatt partikkelstørrelse er mindre enn PM_{10} .

Den andre har rapportert siden 1992, og utslipp før dette har blitt satt lik utslippet rapportert i 1992. Partikkelutslipp som stammer fra pakkeri, raymondmølle og glødeovner har en diameter mindre enn $PM_{2,5}$. Bedriften er mer usikker når det gjelder støvutslipp fra granulator og glødeovner, men antar ut fra partikkelstørrelsen på produktet at størrelsen også her er lavere enn $PM_{2,5}$.

Rapporterte utslipp fra produksjon av gjødsel- og nitrogenforbindelser, maling og lakk, basisplast, vaske- og rensedmidler og andre kjemikalier og kjemiske produkter er vist i tabell 3.38. Mer enn 95 prosent av utslippene stammer fra produksjon av gjødsel og nitrogen-

forbindelser. Nedgangen i utslippene er en følge av installering av posefilter ved en av disse bedriftene.

3.3.12. Produksjon av cellulose

Fire bedrifter rapporterer prosessutslipp av partikler fra produksjon av cellulose. Et par av bedriftene har i tillegg også rapportert inn sine forbrenningsutslipp. For de bedrifter som rapporterer partikkelutslippene kun som prosessutslipp antas det at forbrenningsutslippene er inkludert i de rapporterte prosessutslippene.

Den ene bedriften har rapportert siden 1990, mens den andre rapporterte første gang i 1994. Utslipp fra 1990 til og med 1993 har da blitt satt lik utslippet i 1994. For den tredje bedriften har partikkelutslipp kun blitt rapportert i 1997 og 1999. Sulfittproduksjonen ble her nedlagt i 1999. For de årene hvor utslipp mangler, har utslippene blitt antatt å være de samme som rapportert utslipp i 1997. Den fjerde bedriften har rapportert siden 1992, og utslippene i 1990 og 1991 har blitt satt lik utslippet rapportert i 1992.

For to av bedriftene er det oppgitt at de renses sine utslipp med elektrofiltere og våtscrubbere. Det er antatt at dette generelt gir et partikkelutslipp bestående av partikler mindre enn $PM_{2,5}$. Utslippstallene varierer mye fra år til år. Årsaker kan være måleusikkerheter og driftsvariasjoner.

For de to andre bedriftene er det oppgitt at de renses sine utslipp med våtscrubbere. Det antas at dette gir utslipp av partikler mindre enn PM_{10} , og ifølge TNO (2002) er $PM_{2,5}$ lik $0,2 \cdot PM_{10}$. Disse bedriftene har hatt en jevn nedgang i utslippene fra 1990 til i dag. Årsaken er optimalisert drift ved det ene anlegget, mens det andre anlegget nedla sin sulfittproduksjon i 1999.

Rapporterte utslipp fra produksjon av cellulose er vist i tabell 3.39.

Tabell 3.38. Utslipp av partikler fra annen kjemisk produksjon. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
$PM_{2,5}$	781	592	354	391	413	395	328	340	384	248	259	248
PM_{10}	1035	779	465	522	547	522	432	455	511	319	346	329
TSP	1308	991	601	668	701	668	553	574	646	412	436	420

Tabell 3.39. Utslipp av partikler fra produksjon av cellulose. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
$PM_{2,5}$	211	281	352	378	272	341	294	347	249	326	316	323
PM_{10}	214	214	214	212	178	186	169	159	107	100	91	89
TSP	382	452	523	548	415	490	429	475	335	406	389	394

Tabell 3.40. Utslipp av partikler fra gjenvinning. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM_{10}	0,96	0,96	0,96	1,00	0,96	1,09	6,14	6,35	7,04	8,84	6,72	14,59

Tabell 3.41. Utslipp av partikler fra bryting av malm. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	39	39	34	20	27	22	11	0,2	0,2	0,2	0,2	1,5
PM ₁₀	271	271	235	142	186	155	78	2	2	1	2	10
TSP	553	553	480	290	380	315	158	3	3	3	3	21

Tabell 3.412 Utslipp av partikler fra bryting og utvinning av stein og mineraler. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PM _{2,5}	11	11	11	9	7	7	7	7	7	6	8	6
PM ₁₀	74	74	74	60	51	49	47	47	46	42	55	43
TSP	151	151	151	122	104	100	97	97	95	85	112	87

Tabell 3.43. Utslipp av partikler fra bygging og reparasjoner av fartøyer. Tonn

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
TSP	50	50	50	50	50	50	50	69	51	46	12	26

3.3.13. Gjenvinning

Når det gjelder prosessutslipp av partikler fra gjenvinning, er det tre bedrifter som rapporterer og som samtidig hadde et utslipp på over 1 tonn i 2000. Bedriftene har rapportert fra henholdsvis 1995 og 1996. For den ene bedriften er det oppgitt at den renser med sykklon og våtvasker. Årsaken til økt utslipp er økt produksjon i løpet av perioden. Det antas at størrelsen på partiklene som slippes ut er mindre enn PM₁₀. Med dette er TSP lik PM₁₀. Ingen informasjon foreligger på hvor mye av PM₁₀-utslippet som kan være mindre enn PM_{2,5}. Siden utslippene er såpass små, blir det i dette arbeidet valgt å se bort fra PM_{2,5}-utslipp fra denne kilden. TSP blir lik PM₁₀ (tabell 3.40).

3.3.14. Bryting av malm

Tre bedrifter har rapportert partikkelutslipp fra bryting av malm. Årsaken til de høye utslippene fram til 1996 skyldes et anlegg som hadde store partikkelutslipp. En nedgang i utslippene fra 1992 skyldes redusert drift, og i mars 1996 ble dette anlegget lagt ned. De to andre bedriftene har rapportert fra henholdsvis 1994 og 1996. Det er antatt at tidligere utslipp har vært på samme nivå. Bedriftene har, sammenlignet med anlegget som nå er lagt ned, lave partikkelutslipp på rundt 1-2 tonn årlig.

Det er i dag ikke kjennskap til størrelsen på partiklene som blir sluppet ut. Det antas fra SFT at partikler som blir sluppet ut ved bryting av malm hovedsakelig består av store partikler med størrelse større enn PM₁₀. Ifølge TNO (2002) er fordeling slik at PM₁₀ er 0,49*TSP, mens PM_{2,5} er 0,07*TSP. SSB velger å benytte denne fordelingen på partikkelutslippene (tabell 3.41).

3.3.15. Bryting og utvinning av stein og mineraler

Partikkelutslipp blir rapportert fra flere bedrifter knyttet til bryting og utvinning av stein og mineraler.

Noen av bedriftene har imidlertid så lave utslipp at de ikke blir medberegnet i dette arbeidet. For de gjenværende bedriftene har alle rapportert siden 1992, bortsett fra en bedrift som har rapportert siden 1994. Utslipp for tidligere år har blitt satt lik utslippet for det året bedriften første gang rapporterte. Unntaket er en bedrift som rapporterte utslipp kun i 1992. Utslipp før og etter har blitt beregnet ved hjelp av produksjonsmengder for de ulike årene.

For de fleste bedriftene er det oppgitt at de renser utslippene ved hjelp av tekstil- eller posefilter. Det antas at størrelsen på partiklene som slippes ut er større enn PM₁₀. SSB velger å benytte fordelingen TNO (2002) foreslår der PM₁₀ er 0,49*TSP, mens PM_{2,5} kun er 0,07*TSP. Nedgangen i utslippene fra 1993 er en følge av en ny og strengere utslippstillatelse ved en av bedriftene fra 1993 (tabell 3.42).

3.3.16. Bygging og reparasjon av fartøyer

Det er fem bedrifter med prosessutslipp av partikler over 1 tonn som rapporterer. Det varierer når de ulike bedriftene begynte å rapportere inn sine utslipp, men ingen har rapportert før 1995. To av bedriftene fikk utslippstillatelse i 1999, og har således ikke rapportert før i 2000. Den tredje bedriften har hatt tillatelse fra 1997. De to siste bedriftene rapporterte fra henholdsvis 1995 og 1998. Utslipp før dette har blitt satt lik utslippet for det året de første gang rapporterte.

Størrelsen på partiklene som slippes ut er, usikker. Partikkelstørrelsen vil variere avhengig av hvilket renseutstyr de ulike bedriftene har og når dette ble installert. De ulike aktivitetene ved bygging og reparasjon vil også kunne gi ulike partikkelstørrelser. For noen av bedriftene omtalt her er det ikke oppgitt hvilke renseutstyr som er til stede, men det antas at noen har posefilter og/eller våtvasker. For den ene av bedriftene er det oppgitt at utslippene stammer fra støv fra malings- og sandblåsningshall. Utslippene blir renset i

sykloner som er antatt å gi partikkelstørrelser større enn PM₁₀.

Det blir vanskelig å anta partikkelstørrelser ut fra de opplysninger som er tilstede. Det blir imidlertid antatt at mye av partiklene som slippes ut er større enn PM₁₀. Det kan derimot ikke ses bort fra at en del av partiklene kan være mindre enn PM₁₀.

Utslippene før 1997 er de samme. Årsaken er, som nevnt ovenfor, at utslipp har blitt satt lik det året de først rapporterte. I 1997 økte utslippene på grunn av at en ny bedrift fikk utslippstillatelse. I 2000 ble utslippet redusert som følge av at alle utslippstillatelser for en av bedriftene opphørte. En variasjon i utslippene vil for øvrig være naturlig for en slik type aktivitet (tabell 3.43).

3.3.17. Sandtak og pukkverk

Denne utslippskilden består av utslipp knyttet til knusing av stein i pukkverk samt sandtak. Dette er utslipp som det er svært vanskelig å estimere. Utslippene vil variere fra sted til sted knyttet til de ulike prosessene som brukes, type råmateriale og selvsagt aktivitetsnivå. Utslippene er ikke mye omtalt i litteraturen, kanskje fordi de ofte skjer langt fra folk og derfor ikke nødvendigvis utgjør noen trussel mot luftkvaliteten. Det franske SFT (CITEPA) har imidlertid tatt med utslippskilden i sine oversikter og oppgir en utslippsfaktor for PM₁₀ på 60 g/tonn (Fontelle 2002). Tilsvarende faktor for TSP er 160 g/tonn. Det oppgis at utslippsfaktorene er svært usikre. CITEPA har ingen faktor for PM_{2,5}.

Det er noe usikkerhet rundt hva som bør være med i en beregning av utslippet fra sandtak og pukkverk i Norge. I det følgende er det gjort en beregning av utslipp der det brukes aktivitetsdata fra SSBs produksjonsstatistikk (PRODCOM). I 2000 var produksjonen av diverse sand- og pukkprodukter 29,6 millioner tonn (PRODCOM-koder⁹: 14.21.11 og 14.21.12). Med denne produksjonen tilsvarer dette et utslipp på 4 743 tonn TSP og 1 779 tonn PM₁₀. Dette er et svært usikkert estimat siden utslippsfaktorene er usikre. I tillegg er det usikkert om hele mengden på 29,6 millioner tonn sand og pukk skulle med. Denne mengden er videre inndelt i diverse underkoder. Det kan være at ikke alle disse er like relevante når man skal beregne utslippet. I første omgang er hele mengden tatt med i beregningene.

⁹ Består av følgende underkoder:

- 14.21.11.50 Naturlig sand, alle slags, også farget, unntatt metallholdig sand
- 14.21.11.90 Naturlig sand, herunder form-, mørtel- og glassand, også farget, unntatt kvarts- og metallholdig sand
- 14.21.12.10 Småstein, grus, singel og flint
- 14.21.12.30.1 Knust stein og pukk fra løsmasse, til bruk som tilslag i betong, til vegbygging og liknende
- 14.21.12.30.2 Knust stein og pukk fra sprengt fjell, til bruk som tilslag i betong, til vegbygging og liknende

SSB velger å bruke faktorene til CITEPA i beregningene (tabell 3.44).

3.3.18. Bygge- og anleggsvirksomhet

Bygge- og anleggsvirksomhet omfatter bl.a. bygging av veianlegg, jernbane, tunneler og ikke minst bygging og riving av bygninger. Hver av disse ulike aktivitetene består igjen av en rekke delprosesser som har ulik varighet og ulikt potensiale for partikkelgenerering. Slike delprosesser kan være graving, boring, bygging osv. Utslippene fra hver enkelt byggeplass vil ha et definert startpunkt og et sluttunkt, men nivået på utslippene vil variere sterkt fra dag til dag i denne perioden. Dette er markert forskjellig fra de fleste andre partikkelkilder. Det totale utslippsnivået i et område er antatt å være proporsjonalt med arealet av landområdet der det blir arbeidet og nivået av byggeaktivitet (U.S. EPA 1998). Utslippet vil også variere med klimaforhold, slik at amerikanske studier ikke nødvendigvis kan brukes direkte i Norge.

Tabell 3.44. Utslippsfaktorer for utslipp fra sandtak og pukkverk. g/tonn produsert

TSP	160
PM ₁₀	60
PM _{2,5}	0

Kilde: Fontelle (2002)

Tabell 3.45. Utslippsfaktorer for utslipp fra bygge- og anleggsvirksomhet. Tonn/hektar/år

TSP	9,79
PM ₁₀	1,52
PM _{2,5}	0,52

Kilde: Fontelle (2002).

Tabell 3.46. Byggeareal og utslipp av partikkelfraksjoner. 1990-2001

År	Bruksareal Fullførte bygg, hektar	TSP tonn	PM ₁₀ tonn	PM _{2,5} tonn
1990	673,1	6 590	1 023	350
1991	518,2	5 073	788	269
1992	420,7	4 119	639	219
1993	470,5	4 606	715	245
1994	490,7	4 804	746	255
1995	539,4	5 281	820	280
1996	571,9	5 599	869	297
1997	582,2	5 700	885	303
1998	672,9	6 588	1 023	350
1999	676,6	6 624	1 028	352
2000	717,4	7 023	1 090	373
2001*	683,8	6 694	1 039	356

Kilde: SSBs byggearealstatistikk og Utslippsregnskapet til SSB/SFT.

Det franske instituttet CITEPA har gjort en vurdering av ulike utslippsfaktorer for denne utslippskilden (inkludert EPA-faktorene). Dette har blitt brukt til å beregne gjennomsnittlige utslippsfaktorer for TSP, PM_{10} og $PM_{2,5}$ (tabell 3.45). Bruker man disse faktorene, blir beregnet PM_{10} -utslipp i Norge på 1 090 tonn i 2000 (tabell 3.46). Dette er imidlertid et usikkert anslag. Byggeskikk og bygningsmaterialer er helt ulik i Norge og andre land. I Norge bygges de fleste eneboliger i tre, mens de i mange andre land bygges i mur/betong. Dette antyder at utslippene fra denne delen av byggevirksomheten i Norge kan være noe overestimert. En annen usikkerhet er det norske klimaet. F.eks. luftfuktighet og temperatur vil innvirke på hvor mye støv som slippes ut til luft.

Det har ikke blitt funnet utslippsfaktorer for bygging av veianlegg, jernbane, tunneler samt riving av bygninger. Dette er derfor ikke inkludert i beregningene.

Det ble sluppet ut nær 6 700 tonn partikler til luft fra bygge- og anleggsvirksomhet i 2001 (tabell 3.46). 16 prosent av dette var partikler mindre enn PM_{10} og 5 prosent mindre enn $PM_{2,5}$.

3.3.19. Landbruk

Landbruk er årsak til flere typer prosessutslipp av partikler. Dette vil være f.eks. støv fra korn som er kuttet, jordstøv virvlet opp av jordbruksmaskiner, trestøv fra hugging av trær m.m. Det ser ut til å være gjort få analyser av partikkelutslipp fra landbruk. EEA (2001) og TNO (2002) oppgir ikke metoder eller utslippsfaktorer for å estimere dette utslippet. U.S. EPA (1998) oppgir derimot noen utslippsfaktorer som egentlig gjelder for innhøsting av durra og hvete. Faktorene er basert på målinger av partikler med en diameter på mindre enn 7 μm . I arbeidet med partikkelfaktorer for norske forhold velges det å basere seg på faktorene for hvete.

EPA oppgir utslippsfaktorer for tre ulike typer prosessutslipp; slåmaskin, lasting og transport på jordet (dvs. oppvirvling pga. transport). Av disse tre er det slåmaskinen som har høyest utslippsfaktor med 170 g/km². Utslippet knyttet til transporten er 110 g/km², mens lastingen fører til et utslipp på 12 g/km². Brukes disse utslippsfaktorene på det norske kornarealet på 3,3 millioner dekar (alle typer korn; ikke bare hvete) var utslippet 1 tonn i 2000. Det er ikke gjort målinger som kan brukes til å estimere forholdet mellom $PM_{2,5}$, PM_{10} og TSP. Det må derfor brukes at beregnet mengde (egentlig PM_{10}) er $PM_{10} = PM_{2,5} = TSP$, selv om TSP sannsynligvis burde vært noe større og $PM_{2,5}$ burde vært noe mindre.

Det har ikke blitt funnet utslippsfaktorer for andre aktiviteter innen landbruket. Utslipp fra forbrenning i maskiner og redskaper i landbruket er omtalt i kapittel 3.4.2.

3.3.20. Prosessutslipp fra veitrafikk

Veistøv defineres som det støvet som kommer fra veien og har sin kilde i oppmalt asfalt, knust materiale fra strøsand og slitasje av bilgummi. I forbindelse med prosjektet som er omtalt i denne rapporten, er det ikke gjort endringer i beregningsmetodene for beregning av utslipp fra asfaltslitasje i forhold til arbeidet som ble gjort da SSB/SFTs veimodell ble oppdatert (Bang mfl. 1999). Teksten nedenfor er i stor grad basert på denne rapporten, men omtalen er utvidet til også å inkludere TSP. Tall for $PM_{2,5}$ har blitt beregnet årlig siden 1999, men har aldri blitt publisert tidligere. Det nye i denne rapporten er at metoden nå er utvidet til å kunne gi tall for $PM_{2,5}$, PM_{10} og TSP.

Støv fra slitasje av bildekk og bremseklosser blir beregnet for første gang av SSB i denne rapporten.

Asfaltslitasje

I dette avsnittet vil utslipp av steinstøv fra piggdekk-slitasje av asfalt bli beskrevet. Slitasjelaget på asfaltvei kan bestå av ca. 90 prosent stein (bergarter/ mineraler), ca. 5 prosent «filler» (steinstøv) og resten bindemidler (bitumen). Ved piggdekk-slitasje slites/knuses steinmaterialet ned til mindre partikler, som sammen med løsvrevne fragmenter av «filler» og bitumen virvles opp, og blir luftbårne.

Asfaltstøv skyldes hovedsakelig slitasje fra piggdekk. Bartonova mfl. (2002) påviste samvariasjon mellom PM_{10} -verdier og piggdekkandeler i Oslo for perioden 1991-2001. Hvor store partikkelmengder bruk av piggdekk gir, er imidlertid avhengig av en rekke faktorer, slik som:

- Piggenes vekt
- Veidekkets motstandsdyktighet mot slitasje
- Kjøretøyenes hastighet
- Andel tunge kjøretøy
- Om veibanen er tørr, våt eller isbelagt

Når veibanen er våt, vil en stor del av piggdekkstøvet bindes i vannfilmen. Når den tørker, vil en del av støvet kunne virvles opp igjen. Dette er ikke inkludert i veistøvmодellen.

SSBs veistøvberegning (basert på TI/SINTEFs modell)

I arbeidet med SSB/SFTs veimodell (Bang mfl. 1999) ble det presentert to ulike modellforslag for hvordan man skulle beregne utslippet av veistøv fra asfaltslitasje. De to modellene viste seg å gi svært like resultater for beregnet PM_{10} -utslipp til tross for at de hadde helt ulike utgangspunkt for beregningene. Etter en gjennomgang av de to forslagene ble det bestemt at modellen til TI/SINTEF skulle brukes. Den er omtalt nedenfor.

I beregningen av midlere utslipp Q (i tonn/år) av PM_{10} fra veistøv i et område er følgende formel brukt:

$$Q_{PM_{10}} \text{ (tonn/år)} = \sum_{\text{alle biltyper}} SPS \cdot n \cdot l \cdot m \cdot p \cdot w \cdot \alpha / 10^6$$

- SPS: Den spesifikke piggdekkslitasjen angir hvor mye av veidekket som slites vekk på en km vei av et kjøretøy med piggdekk
- n: Antall biler av typen i området
- l: Årlig kjørelengde for biltypen i området, km
- m: Andel av året med piggdekkbruk i området (mellom 0 og 1)
- p: Andel av biltypen som bruker piggdekk (mellom 0 og 1)
- w: Korreksjonsfaktor for fuktig og islagt veibane. I beregningene av w er islagt veibane satt til 0, fuktig veibane til 0,05 og tørr veibane til 1,0. Dersom andelen av kjørelengden med piggdekk på våt og islagt (hard snø/is) veibane er hhv. v og x , blir $w = (0,05 \cdot v) + (1(1-v-x))$
- α : Andel av veistøvet i lufta som er PM_{10} . Denne faktoren finnes det ikke data for. Man bruker derfor PM_{10} -andelen på bakken som utgangspunkt. Størrelsen for denne faktoren finnes det svært varierende data for (Hedalen 1994). Hedalen oppgir PM_{10} -andelen til 3-4 prosent. NILU oppgir imidlertid at ved Klemetsrud i Oslo har 3 prosent av partiklene en diameter mindre enn 38 μm (Larssen og Haugsbakk 1996), noe som skulle tyde på en α betydelig lavere enn 3 prosent. NILU har funnet en PM_{10} -andel på 0,1 prosent i veistøvdepotet ved tre veier i Oslo (Larssen 1987). Man vet imidlertid ikke hvor representativ α ved bakken er i forhold til i lufta.

I beregningene er 3 prosent brukt som et første estimat. Hedalen (1994) angir at $PM_{2,5}$ -andelen av totalt veistøv er 0,5-1 prosent.

SPS-verdien varierer med alle faktorene ovenfor. På veier med stor trafikk brukes veidekke med større slitestyrke enn der trafikken er liten. Derfor vil SPS-verdien også kunne variere med trafikkmengden. I "Veg-greps-prosjektet" (Statens vegvesen 1996) ble SPS-verdier for ulike $\dot{A}DT^{10}$ -intervaller anslått ut fra analyser av spordybder for hele riksveinettet over årene 1988-1995.

SPS er også avhengig av *pigggenes vekt*. Piggene har de siste årene *stadig blitt lettere*. I 1988 var kravet fra myndighetene at piggen for lette kjøretøy ikke skulle veie mer enn 2,0 gram, i 1990 ble dette endret til 1,8 gram for så å bli endret igjen i 1992 til 1,1 gram (Statens vegvesen 1997a). De såkalte letpiggene har en masse på 0,7 gram. Pigger fra dekk til tunge kjøretøy kunne til 1992 veie 8,0 gram, men i 1992 ble dette kravet skjerpet til 3,0 gram. Det er også andre

faktorer som har påvirket SPS-verdiene, blant annet kvalitetskrav til steinmaterialer og slitestyrke av veidekket. 0 3.47 viser SPS-verdier brukt i dette arbeidet. ViaNova har gitt SPS-verdier fordelt på klasser av $\dot{A}DT$ (Evensen 1997b). I dette arbeidet har man brukt en gjennomsnittsverdi for SPS som er vektet etter størrelsen på trafikkarbeid utført på veier med ulik $\dot{A}DT$. Verdiene er oppgitt i g/km og gjelder for alle kjøretøy. For å beregne andelen av utslippet som stammer fra henholdsvis lette og tunge kjøretøy, er det forutsatt at tunge kjøretøy sliter 5 ganger så mye som lette. Bilenes hastighet er ikke angitt som noen egen faktor i formelen da den inngår i beregningen av SPS.

Totaltallene for *årlig trafikkarbeid* ($n \cdot l$ i formelen) brukt i beregningene er hentet fra Rideng (2001).

I "Forskrift om bruk av kjøretøy" (Vegdirektoratet 1990) står det at piggdekk eller kjetting ikke må brukes i tiden fra og med første mandag etter 2. påskedag til og med 31. oktober om ikke føreforholdene gjør det nødvendig. I praksis vil dette si at det er *forbudt å bruke piggdekk* fra ca. 1. mai hvis påsken er veldig sein et år, mens forbudet gjelder allerede fra ca. 1. april hvis påsken kommer tidlig. Det er gjort unntak fra denne regelen i Nordland, Troms og Finnmark, der tilsvarende periode er fra og med 1. mai til og med 15. oktober. Det er i beregningene antatt brukt piggdekk i hele den tillatte perioden, dvs. faktoren m i ligningen er 6,5/12 i de tre nordligste fylkene. Som en forenkling har man i resten av landet valgt å bruke 15. april som en standarddato for slutt på piggdekkssesongen. For denne regionen blir altså faktoren m 5,5/12.

Tabell 3.47. SPS-verdier. g/km

$\dot{A}DT$	1973-80	1981-87	1988-92	1993-97	2002
0-1500	22	20	20	18	16
1500-3000	20	20	18	16	14
3000-5000	16	15	14	12	10
>5000	14	12	11	10	9
Gjennomsnitt ¹	17,1	15,6	14,7	13,1	11,6

¹ Veid etter trafikkarbeid utført på veier med ulik $\dot{A}DT$

Kilde: Evensen (1997b)

Tabell 3.48. Piggdekkbruk i 5 prioriterte "piggfrikommuner". Andel av trafikkarbeidet som skjer med piggdekk. Lette kjøretøy

	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Oslo	51,9	32,4	21,2	31,3
Drammen	49,6	48,7	52,1	29,3
Stavanger	38,1	31,3	26,8	29,3
Bergen	37,0	29,4	28,3	31
Trondheim	67	64,4	62,1	44,4

Kilde: Vegdirektoratet

Tabell 3.49. Gjennomsnittlig piggdekkandel i Norge veid etter trafikkarbeid i de ulike fylkene¹

1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0,87	0,88	0,88	0,87	0,86	0,83	0,79	0,70	0,63	0,59	0,59

¹ Gjennomsnittstallene for 1995 og 1997 er vektet mot kommunefordelte trafikkarbeidstall for 1994.

Kilde: Beregnet av SSB på grunnlag av data fra Vegdirektoratet.

¹⁰ $\dot{A}DT$ = årsdøgnstrafikk.

Tabell 3.48 viser andel av trafikkarbeidet i Norge som skjer med piggdekk i de 5 største byene i Norge. Det har de siste årene vært en *nedgang* i bruk av piggdekk i Norge (med unntak av siste året for tre av kommunene). Faktoren *p* i ligningen vil derfor variere fra år til år. Opplysninger om piggdekkandel brukt i beregningene i dette arbeidet stammer fra Vegdirektoratet. Det finnes også nasjonale tall på andel av bilparken som kjører med piggdekk (tabell 3.49). Datamaterialet baserer seg på undersøkelser gjort ved å intervju bilister ved veikant, på bensinstasjoner, parkeringsplasser osv. (Statens vegvesen 1995a, 1995b og 1998). Skjemaene ble delt ut på dagtid på hverdagene, noe som førte til at hovedtyngden av de som svarte er lokale trafikanter. Storbrukere (årlig kjørelengde mer enn 20 000 km) var av den grunn overrepresentert i undersøkelsen. Videre har intervjuene kun foregått langs riksveiene. Undersøkelsen for 1997 (Statens vegvesen 1997b) er foretatt på en annen måte. I beregningsprogrammet foreslo man 0,2 som en brukbar piggfriandel. Denne verdien ble så justert av de enkelte veikontorene på bakgrunn av intervjuer eller annen kunnskap (f.eks. fra tidligere tellinger, opplysninger fra dekkimportør og forventninger om trend). Vegdirektoratet har valgt å bruke disse tallene da de mener å få et riktigere bilde når intervjuresultater og lignende justeres ut fra lokalkunnskap.

Dataene gitt i tabell 3.49 har blitt omregnet slik at de gjelder for ett enkelt år og ikke en sesong siden man i denne rapporten skal presentere utslipp pr. kalenderår. 1993-andelen er f.eks. et gjennomsnitt av verdiene for 1992/93 og 1993/94. For perioden 1973 - 1990 antas det i utslippsberegningene at piggdekkandelen var 90 prosent.

For å beregne *korreksjonsfaktoren for fuktig veibane (w)* ble det innhentet trafikkarbeidstall fra Vegdatabanken (Evensen, 1997c). Disse var inndelt i kategoriene *tørr bar, våt bar, slaps, løs snø, hard snø/is og bart i spor*. Formelen (over) bruker imidlertid bare betegnelsene *tørr, våt og islagt (hard snø/is) veibane*. I dette arbeidet har vi valgt å i hovedsak gruppere betegnelsene som anbefalt av Evensen (1997a). Grupperingen er gjengitt i tabell 3.50. I beregningene av korreksjonsfaktoren (*w*) blir andelen av kjørelengden på veibane dekket av hard snø/is trukket fra. Andel våt og tørr veibane vil endre seg noe som en følge av endret andel piggdekk. I beregningene har man for årene 1973-1997 brukt en korreksjonsfaktor beregnet ut fra at 80 prosent av lette og 60 prosent av tunge kjøretøy bruker piggdekk.

Verdien α (*PM₁₀-andelen i veistøv*) er svært usikker. Man kunne også tenke seg å beregne utslippene ut fra ulike hastigheter. I beregningene i dette arbeidet er det foreløpig antatt en *gjennomsnittlig hastighet* i beregningene. Dette blir ytterligere komplisert av at veidekke på veier med høye hastigheter er av en annen slitestyrke enn andre veidekker.

Tabell 3.50. Gruppering i våt, tørr og islagt (hard snø/is) veibane

	Dette arbeidet
Våt bar	Våt
Tørr bar	Tørr
Slaps	Våt
Løs snø	Våt ¹
Hard snø/is	Hard snø/is
Bart i spor	80 % Tørr og 20 % våt ²

¹ Antagelse gjort av NILU og SSB.

² Antagelse gjort av Evensen (1997a).

Tabell 3.51. Utslippsfaktorer for lette kjøretøy med piggdekk. g/km

År	Faktor
1973	0,40
1980	0,40
1986	0,37
1987	0,37
1988	0,34
1989	0,34
1990	0,34
1991	0,34
1992	0,34
1993	0,31
1994	0,31
1995	0,31
1996	0,30
1997	0,30
1998	0,29
1999	0,27
2000	0,27
2001	0,25

Kilde: Utslippsregnskapet til SSB/SFT

Tabell 3.52. Utslippsfaktorer for tunge kjøretøy med piggdekk. g/km

År	Faktor
1973	2,01
1980	2,01
1986	1,83
1987	1,83
1988	1,72
1989	1,72
1990	1,72
1991	1,71
1992	1,71
1993	1,54
1994	1,54
1995	1,53
1996	1,52
1997	1,50
1998	1,43
1999	1,36
2000	1,36
2001	1,27

Kilde: Utslippsregnskapet til SSB/SFT

Tabell 3.51 og 3.52 viser *utslippsfaktorer for veistøv*. Disse er et produkt av SPS-verdi for det aktuelle året og PM_{10} -andelen av utslippet (α). Utslippsfaktorene blir lavere etter hvert som veidekkes slitestyrke økes og piggvekten reduseres. Utslippsfaktorene reflekterer ikke oppvirvling av veistøv, tunge kjøretøy virvler opp mye mer støv enn lette.

Estimat av TSP

Hedalen og Myran (1994) analyserte veistøvdepot-prøver fra Trondheim. De fant at av materialet mindre enn 74 μm var 30 vektprosent av partiklene innenfor PM_{10} . Hvis man antar at TSP her er opp til 74 μm , får man at $PM_{10} = 0,3 \cdot TSP$.

NILU har også gjort størrelsesfraksjonering i prøver fra veistøvdepotet. Larssen og Haugsbakk (1996) beskriver "støvsuging" av veistøv på Klemetsrud. Resultatene fra Klemetsrud (ca. 3 vektprosent < 38 μm) stemmer bra overens med NILUs målinger ved Store Ringvei (v/Ullevål stadion) i 1987 (ca. 2 vektprosent < 36 μm). Målingene til Hedalen og Myran (1994) ligger betydelig høyere.

Tallene over stammer altså fra en fraksjonering av støv fra veistøvdepotet. Forholdet vil høyst sannsynlig ikke være det samme når det gjelder primært utslipp til luft. Videre må det tas forbehold om at prøvene fra Trondheim/Oslo er representative for resten av Norge, noe de sannsynligvis ikke er. Til slutt må det nevnes at forholdstallet kan ha blitt endret som en følge av økningen i bruken av piggfrie vinterdekk.

I beregningene av PM_{10} fra veistøv er det i dette arbeidet brukt Hedalen og Myrans tall for PM_{10} -andel på ca. 3 prosent av generert støv. Det kan derfor være riktigst å inntil videre basere seg på samme rapport også når TSP skal bestemmes - til tross for usikkerheter i tallet og uoverensstemmelse med NILUs målinger. Foreløpig settes altså at for veistøv er: $PM_{10} = 0,3 \cdot TSP$

I 2001 ga dette et utslipp på 4 775 tonn TSP, 1 433 tonn PM_{10} og 239 tonn $PM_{2,5}$. Som følge av bedre veidekke, lettere pigger og mer bruk av piggfrie dekk har utslippene fra veistøv blitt redusert fra 1990 til 2001.

Slitasje av bildekk

Støv fra slitasje av gummi fra bildekk har inntil nå ikke vært med i tall for utslipp av partikler i SSB/SFTs utslippsmodell¹¹. Det viser seg at bidraget kan være betydelig, slik at dette nå bør inkluderes. Ifølge Bækken (1993) slites det årlig ca. 6 000 tonn gummi fra bildekk. En andel av dette vil slippes ut til luft, mens noe vil bindes til fuktighet i veibaner og dermed ende opp i vann eller jord.

Tabell 3.53. Utslippsfaktorer for slitasje av bildekk i henhold til TNO (2002). kg/mill. km

Kjøretøyklasse	Kode	$PM_{2,5}$	PM_{10}	TSP
Personbil	BM1+DM1	0	3,45	69
Varebiler	BN1+DN1	0	4,5	90
Tunge kjøretøy		0	18,5625	371,25
MC		0	1,725	34,5

Kilde: TNO (2002)

I denne rapporten omtales bare utslipp til luft. Partikler fra bildekk vil være spesielt interessant siden det antas å være en stor grad av små partikler som i sin tur består av både tungmetaller og organiske miljøgifter (Finstad mfl. 2001). I henhold til andre målinger også referert av Bækken kan det se ut som om anslaget som han refererer er for høyt. Med trafikkarbeidet på den tiden skulle dette tilsa en slitasje på 0,2 g/km, mens man i nordiske beregninger fra 1980 visstnok anslo 0,1 g/km.

Ved en beregning av utslipp til luft må en ta hensyn til at slitt mengde bildekk ikke nødvendigvis er lik utslipp til luft. Vi må forutsette at (som for asfaltslitasje) veibanens fuktighet vil spille inn. Når veibanen (og bildekkene) er fuktig, vil partiklene i mye mindre grad slippes ut til luft.

U.S. EPA har ikke jobbet med utslipp fra bremses og bremsesklosser på mange år. Deres utslippsfaktorer for personbiler oppgis til 0,008 g/vehicle mile (Newell, 2002). Denne utslippsfaktoren er gammel og ikke nødvendigvis representativ for dagens bildekk. Terry Newell skriver i en e-post at utviklingen i materialteknologi og produksjon har ført til at de gamle dataene ikke kan brukes for dagens kjøretøy og dekk. Han skriver at de kun kan brukes som et slags referansepunkt.

Professor Alan Gertler ved Desert Research Institute i Reno, USA, jobber for tiden med en studie om slitasje av bildekk og bremsesklosser. Han skriver i en e-post at deres funn tyder på at både $PM_{2,5}$ og PM_{10} fra bildekk-slitasje er neglisjerbare (Gertler, 2002). PM_{10} -verdiene fra personbiler ligger i området 0-44 mg/km, mens $PM_{2,5}$ er 0-3 mg/km.

TNO (2002) oppgir faktorer for en rekke utslippskilder i sin database på internett (tabell 3.53). Faktorene er basert på ulike nederlandske og britiske referanser. Med trafikkarbeid i Norge i 2000 på nærmere 31 000 millioner km ga dette et utslipp på 148 tonn PM_{10} dette året. TSP-nivået var nesten 3 000 tonn, mens TNO (2002) ikke har utslippsfaktorer for $PM_{2,5}$ fra denne kilden.

Bruker man TNOs utslippsfaktorer, får man et beregnet utslipp på 148 tonn PM_{10} i 2000. Dette er bare en brøkdel av det gamle estimatet på 6 000 tonn. SSB velger å bruke det lave estimatet basert på TNOs faktor. Dette gjøres fordi det her er tatt hensyn til at bare en andel av den totale mengden slitt bildekk vil gå til luft. En stor andel vil ventelig ende opp i vann/jord.

¹¹ Men utslipp fra slitasje av bildekk og bremsesklosser var inkludert i estimatet av veistøv basert på "NILUs metode" i Bang mfl. (1999).

Tabell 3.54. Utslippsfaktorer for slitasje av bremseklosser i henhold til TNO (2002). kg/mill. km

Kjøretøyklasse	Kode	PM _{2,5}	PM ₁₀	TSP
Personbil	BM1+DM1	6	6	6
Varebiler	BN1+DN1	7,5	7,5	7,5
Tunge kjøretøy		32,25	32,25	32,25
MC		3	3	3

Kilde: TNO (2002)

Slitasje av bremseklosser

Når man bremses, slites bremseklossene gradvis ned. Dette generer finkornet støv. Det er ikke gjort mange studier av hva dette støvet inneholder, men kobber vil være blant metallene som er inkludert.

I TNO (2002) regnes alt utslipp som PM_{2,5} (tabell 3.54). Med trafikkarbeid i Norge i 2000 på noe over 32 000 millioner km (Rideng 2002) ga dette et utslipp på anslagsvis 317 tonn PM_{2,5}. Av dette kom 143 tonn fra personbiler, 32 tonn fra varebiler, 140 tonn fra tunge kjøretøyer og 2 tonn fra MC.

Som nevnt i forrige avsnitt har U.S. EPA ikke jobbet med denne utslippskilden på mange år. De faktorene som oppgis er derfor gamle og kan bare brukes som et referansepunkt for nivået. Utslippsfaktoren for personbiler oppgis til 0,013 g/vehicle mile (Newell, 2002). Av trafikkarbeidet i Norge i 2000 på 32 000 millioner km var nesten 24 000 millioner km fra personbiler. Dette gir et PM₁₀-utslipp på ca. 192 tonn hvis U.S. EPAs faktor brukes. Dette tallet er i samme størrelsesorden som TNOs tall.

Westerlund og Johansson (2001) gjorde en beregning av mengde bremseklosser slitt i Sverige. For lette kjøretøy baserte de seg på at en bremsekloss veier 0,15 kg foran og 0,11 kg bak, at levetiden er hhv. 40 000 km foran og 60 000 km bak. Hvis slitasjegraden er 70 prosent før utskifting, gir dette i Norge 430 tonn bremseklosser slitt i 2000 for lette kjøretøy. For tunge kjøretøy antas det vektet på 2,5 og 3,5 kg for hhv. forhjul og bakhjul. Levetiden antas å være 100 000 km.

Gitt samme slitasjegrad som for lette kjøretøy (70 prosent) gir dette 817 tonn bremseklosser for tunge kjøretøy. Samlet gir dette en slitasje på 1 247 tonn. Dette stemmer rimelig godt overens med tallene fra TNO siden det i Westerlund og Johansson (2001) antydes at mindre enn 20 prosent av denne mengden blir til utslipp til luft. Dette skulle tilsa at utslipp til luft fra bremseklosser er 249 tonn PM₁₀.

Siden EPA selv råder SSB til å bare bruke deres utslippsfaktor som et referansepunkt, velger SSB å anbefale TNOs faktorer brukt. Disse er basert på flere nyere europeiske studier.

Med bruk av disse faktorene ble det i 2001 sluppet ut 286 tonn partikler fra slitasje av bremseklosser.

Clutch

Det er ikke funnet utslippsfaktorer som kan brukes for beregning av utslipp fra clutch-slitasje. Denne kilden er derfor ikke inkludert i beregningene.

Støv fra grusveier

I Norge har det vært mye fokus på asfaltslitasje, siden dette fører til store utslipp i områder med høy befolkningstetthet. Grusveier ligger oftest i områder med få eller ingen bosatte i de nærmeste omgivelsene. Siden utslippene derfor ikke omtales som noe helseproblem, har fokus på dette området vært mye lavere. Det er i forbindelse med dette arbeidet ikke funnet noen undersøkelser som belyser temaet i Norge.

U.S. EPA har i sin AP-42-manual (U.S. EPA 1998) et kapittel om "unpaved roads". Dette begrepet omfatter veier uten fast dekke, det vil si grusveier, veier med sand- og jorddekke m.m. Dette materialet kan imidlertid ikke brukes direkte på norske forhold siden utslippsfaktorer varierer avhengig av type dekke og tid på året. Faktorene vil derfor være svært ulike i Norge og USA. Partikkelbidraget fra denne utslippskilden vil derfor ikke bli nærmere omtalt her pga. manglende data.

Strøsand

Støv fra strøsand vil i hovedsak bestå av «store» partikler og utgjøre et trivselsproblem, men kan også gi bidrag til utslipp av PM₁₀. Statistisk sentralbyrå har ikke funnet informasjon om utslippsfaktorer knyttet til dette. Det blir derfor ikke inkludert i beregningene i denne omgang.

3.4. Utslipp fra mobil forbrenning

3.4.1. Veitrafikk

Et grundig arbeid ble gjort i SFT (1999) for å finne avgassutslipp av partikler. SSB velger å benytte faktorene fra dette arbeidet, og teksten nedenfor er hentet fra denne rapporten.

Faktorene for partikkelutslipp fra bensindrevne lette biler uten katalysator er de samme som i SFT (1993), med 40 mg/km for eldre personbiler og 20 for nyere (fra 1985) (Larssen 1991). Faktorene for bensinbiler med katalysator er beregnet ut ifra den forrige rapporten (SFT (1993)), (Volkswagen (1989) og Rijkeboer (1993)). For varebiler og busser er også faktorene fra SFT (1993) beholdt. Partikkelutslippene i avgassene fra bensindrevne biler er relativt små i mengde i forholdet til utslippet fra dieselmotoren.

Faktorene for partikkelutslipp fra dieseldrevne lette biler er beregnet ut fra data fra SFT (1993), Copert II (EEA 1997), UBA (Hassel et al 1994) og TNO (Rijkeboer and Hendriksen 1993). Dataene ble vektet.

Partikler i bilavgasser er svært små. De fleste er mindre enn 1 µm og middelverdien er gjerne under 0,1 µm.

Størrelsesfordelingen kan variere mye, samtidig som måleteknikken også er av betydning. Det blir skilt mellom PM₁₀ og PM_{2,5}. For bensinbiler er alle avgasspartiklene mindre enn 2,5 µm, så TSP = PM₁₀ = PM_{2,5}. For dieslbiler er det mulig at det kan finnes partikkelagglomerater som er større enn 2,5 µm. For dem er derfor PM_{2,5} satt lik 0,95*PM₁₀. Når det gjelder TSP, må det antas at TSP er lik PM₁₀.

I 2001 ble det sluppet ut 2 531 tonn partikler fra avgassutslipp fra veitrafikk. 88 prosent av avgassutslippene fra veitrafikk i 2001 kom fra dieselskjøretøyer. Som følge av strengere avgasskrav har det vært en reduksjon i utslippene fra både bensin- og dieselskjøretøyer. Fra 1990 til 2001 har reduksjonen vært på 36 prosent til tross for økt forbruk av drivstoff.

Tabell 3.55. Utslippsfaktorer for dieselmotorredskaper i dagens utslippsmodell. kg/tonn

Sektor	TSP	PM ₁₀	PM _{2,5}
Jordbruk	7,1	7,1	6,75
Skogbruk	7,1	7,1	6,75
Bygg og anlegg	5,3	5,3	5,04
Stein- og jordbearbeiding	4,2	4,2	3,99
Forsvaret	5,4	5,4	5,13
Jernbane	3,8	3,8	3,61

Tabell 3.56. Utslippsfaktorer fra TNO ved bruk av motorredskaper. kg/tonn

	Diesel	Bensin
PM _{2,5}	5,69	1,02 - 4,08
PM ₁₀	5,99	1,02 - 4,08
TSP	6,31	1,02 - 4,08

Tabell 3.57. EPAs utslippsfaktorer for partikler fra dieseldrevne lokomotiver og motorvogner. kg/tonn

	PM ₁₀
Motorvogn	1,75
Lokomotiv	2,41

Tabell 3.58. TNOs utslippsfaktorer for partikler fra dieseldrevne lokomotiver. kg/tonn

	Faktor
PM _{2,5}	4,75
PM ₁₀	5,00
TSP	5,26

Tabell 3.59. Valgte utslippsfaktorer for jernbane. kg/tonn

	Faktor
PM _{2,5}	3,6
PM ₁₀	3,8
TSP	3,8

Kilde: Bang (1993)

3.4.2. Motorredskaper, småbåter og jernbane

Motorredskap

Motorredskaper står for en betydelig andel av det totale forbruket av diesel. Ved bruk av dieselmotorer står partikkelutslipp for en betydelig del av utslippet. I dagens utslippsmodell foreligger det utslippsfaktorer for ulike sektorer (tabell 3.55). Utslippsfaktorene for TSP innen sektorene er hentet fra en rapport utarbeidet ved Teknologisk Institutt (Bang, 1993). Det ble imidlertid ikke gitt noen informasjon om størrelsen på partiklene, men det ble antatt at PM₁₀ = TSP og at PM_{2,5} = 0,95*PM₁₀ for dieseldrevne motorer (SFT,1999).

Faktorene som oppgis av TNO (2002) er generelle faktorer for motorredskaper og andre mobile kilder (tabell 3.56). For diesel varierer faktorene lite med hensyn til partikkelfraksjon, der PM_{2,5} = 0,9 * TSP, mens PM₁₀ = 0,95 * TSP. Faktorene til TNO viser seg å stemme bra overens med faktorene som ligger inne i dagens utslippsmodell. For bensindrevne redskaper kommer TNO med to ulike faktorer avhengig av alder og grad av vedlikehold. Utslippsfaktorene er de samme uavhengig av partikkelfraksjon.

Utslippsfaktoren for PM₁₀ som ligger inne i dagens utslippsmodell for bensindrevne redskaper er på 1,0 kg/tonn. Faktoren for PM_{2,5} har blitt antatt å være lik PM₁₀-faktoren (Bang, 1996). Denne faktoren stemmer derfor godt overens med faktoren som oppgis fra TNO (tabell 3.56).

Faktorene som ligger inne i dagens modell blir beholdt da disse er basert på nasjonale vurderinger (tabell 3.56). Dette ga et partikkelutslipp på 1 433 tonn i 2001. 95 prosent av dette var partikler mindre enn PM_{2,5}. Utslippene er redusert med 5 prosent fra 1990 til 2001 som følge av mindre forbruk av drivstoff.

Jernbane

EPA (1997) opererer med to ulike utslippsfaktorer for partikkelutslipp fra dieseldrevne lokomotiver. Faktorene er kun oppgitt som PM₁₀ og gjelder for lokomotiv og motorvogner produsert fra 1973 til 2001 (tabell 3.57). EPA (1997) har også fremskrevet utslippsfaktorer for partikkelutslipp for lokomotiver produsert etter 2004. Disse er redusert til henholdsvis 0,94 kg/tonn og 1,13 kg/tonn for motorvogn og lokomotiv.

Faktorene presentert i TNOs database på internett ligger høyere enn de som anbefales av EPA (tabell 3.58).

I dagens utslippsmodell ligger det inne en utslippsfaktor for PM₁₀ på 3,8 kg/tonn fra Bang (1993). Her har PM₁₀ blitt antatt å være lik TSP. Det antas at PM_{2,5} = 0,95 * TSP, og er på 3,6 kg/tonn. Dagens PM₁₀-faktor er litt lavere enn faktoren som TNO oppgir, men høyere enn faktoren oppgitt av EPA (1997).

SSB velger å beholde faktoren som ligger inne i dagens modell basert på Bang (1993) (tabell 3.59).

Partikkelutslippet var 56 ktonn i 2001 med et forbruk på 15 ktonn diesel. Utslippene er redusert med 51 prosent fra 1990 til 2001 som følge av redusert drivstofforbruk.

3.4.3. Skip og fiskebåter

Utslippsfaktorene er avhengig av både type brennstoff og type skip. Faktorene oppgitt i Haakonsen mfl. (1998) stammer fra en tidligere rapport fra SSB der Marintek anbefalte en PM_{10} -faktor på 0,5 kg/tonn for de fleste fartøyene. For de større gods fartøyene (>500 brt) ble det anbefalt en faktor på 0,9 kg/tonn (Flugsrud og Rypdal, 1996). Lloyd's anbefalte brukt 1,2 kg/tonn for dieselmotorer og høyere faktorer for drivstoff med høyere svovelinnhold (Lloyd, 1993).

Som for ikke veigående dieselredskaper og jernbane antok man også for skipsfart at alle partikler inngikk i PM_{10} og at 95 prosent av partiklene inngikk i $PM_{2,5}$. Bang (1996) foreslo faktorer for utslipp fra bensin- og dieseldrevne småbåter. For bensindrevne småbåter var faktorene 8 og 1 kg/tonn for hhv. 2- og 4-takts motorer. For dieseldrevne småbåter ble utslippsfaktoren 4,0 kg/tonn. Her fulgte man også SFT (1999) og sa at alt partikkelutslipp er PM_{10} , mens 95 prosent av utslippet var $PM_{2,5}$. For bensinmotorer var PM_{10} lik $PM_{2,5}$.

Nyere faktorer fra TNO (2002) viser et mye høyere partikkelutslipp. De skiller ikke mellom ulike fartøyer, men oppgir utslippsfaktorer for ulike typer brennstoff (tabell 3.60).

For bensin sies det ikke noe om disse utslippsfaktorene stammer fra 2- eller 4-taktsmotorer. Det antas at de stammer fra 4-takts motorer, og dermed stemmer disse faktorene med de oppgitt i Haakonsen mfl. (1998). Utslippsfaktoren er også den samme uavhengig av partikkelfraksjon.

For diesel operer også TNO med en faktor på 4,0 kg/tonn, det samme som Bang (1996) for 4-takts småbåter. Faktoren fra TNO gjelder mest sannsynlig 4-takts småbåter siden faktoren gjelder båter på innsjøer og elver. Når det for øvrig gjelder de andre brenslene, avviker disse mye i fra de faktorene som ligger til grunn i Haakonsen mfl (1998).

Faktorene i dagens modell blir beholdt siden disse er basert på vurderinger av norsk skipsflåte og drivstoffkvalitet foretatt av Marintek (tabell 3.61). Dette ga i 2001 et utslipp av partikler på 761 tonn. 97 prosent av dette var partikler mindre enn $PM_{2,5}$. Utslippene har økt med 21 prosent fra 1990 til 2001 som følge av økt forbruk av drivstoff.

Tabell 3.60. TNOs utslippsfaktorer for partikler fra skip og båter. kg/tonn

	TSP	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Diesel	4,2	4,0	3,8
Bensin	1,0	1,0	1,0
Fyringsolje	4,2	4,0	3,8
Tungolje	5,9	5,6	5,0

Tabell 3.61. Valgte utslippsfaktorer for partikler fra skipsfart. kg/tonn

	TSP	PM_{10}	$PM_{2,5}$
Skip og båter under 500 brt	0,5	0,5	0,48
Skip og båter over 500 brt	0,9	0,9	0,86
Småbåter 2-takts (bensin)	8	8	8
Småbåter 4-takts (bensin)	1	1	1
Småbåter 4-takts (diesel)	4	4	3,8

3.4.4. Luftfart

I Finstad mfl. (2002) ble det gjort et arbeid for å finne utslippsfaktorer knyttet til partikkelutslipp fra luftfart. Det finnes imidlertid lite kunnskap om partikkelutslipp fra fly. I Petzol mfl (1999) og Döpelheuer mfl (1998) er det nylig publisert data for ulike flytyper. Petzol (1999) beskriver også partikkelstørrelsen. For nyere flytyper er det snakk om små partikler med tyngdepunkt på 0,025 og 0,15 μm . For eldre fly er partiklene noe større. Det vil si at $TSP = PM_{10} = PM_{2,5}$.

For nyere flytyper (sertifisert etter 1976), f.eks. A300, B737 og DC10 er utslippsfaktoren ca. 0,01 g/kg drivstoff. I Döpelheuer mfl (1998) gis det også data for ulike flygefaser for A300. Faktoren er noe høyere ved "takeoff" (0,05 g/kg) og noe lavere ved cruise (0,0067 g/kg), mens faktoren for "climb" og "descent" er ca. 0,01.

Ut fra dette valgte Finstad mfl. (2002) å benytte en faktor på 0,025 g/kg for LTO (over og under 100 m) og 0,007 g/kg for cruise for alle flytyper. Ingen av de eldre flytypene i de nevnte arbeidene er i bruk i Norge, slik at faktorene ble benyttet for alle flytyper.

Kun 4,6 tonn partikler ble sluppet ut fra luftfart i 2001. Utslippene har økt med 28 prosent fra 1990 til 2001 som følge av økt forbruk av drivstoff.

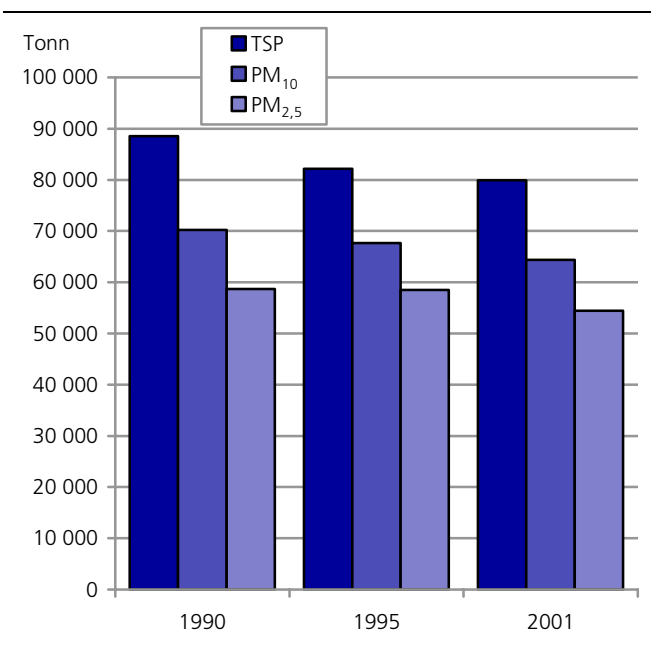
4. Resultater

De totale utslippene av de tre partikkelfraksjonene omtalt i dette arbeidet var henholdsvis 79,9 ktonn TSP, 64,4 ktonn PM₁₀ og 54,4 ktonn PM_{2,5} i 2001 (figur 4.1). Som man ser av figuren har utslippene for alle de tre partikkelfraksjonene blitt redusert fra 1990 og 1995 til 2001. Avhengig av fraksjon er utslippene redusert med 7-10 prosent fra 1990 og 3-7 prosent fra 1995 til 2001.

Mesteparten av utslippene kommer fra stasjonær forbrenning (figur 4.2). 57 prosent av det totale utslippet av TSP kom fra denne kilden i 2001. For PM₁₀ og PM_{2,5} sto stasjonær forbrenning for henholdsvis 71 og 76 prosent. 90 prosent av alt utslipp fra stasjonær forbrenning kom fra boligoppvarming, hovedsakelig fra vedfyring.

36 prosent av utslippene av TSP kom fra ulike prosessutslipp. For PM₁₀ og PM_{2,5} sto prosessutslippene for henholdsvis 21 og 15 prosent. Utslipp fra produksjon av mineralprodukter, veistøv og dekk- og bremseklosslitasje er de viktigste kildene til prosessutslipp av TSP. For PM₁₀ og PM_{2,5} er det utslipp fra metallproduksjon som er den viktigste kilden.

Figur 4.1. Utslipp til luft av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5} i 1990, 1995 og 2001. Tonn



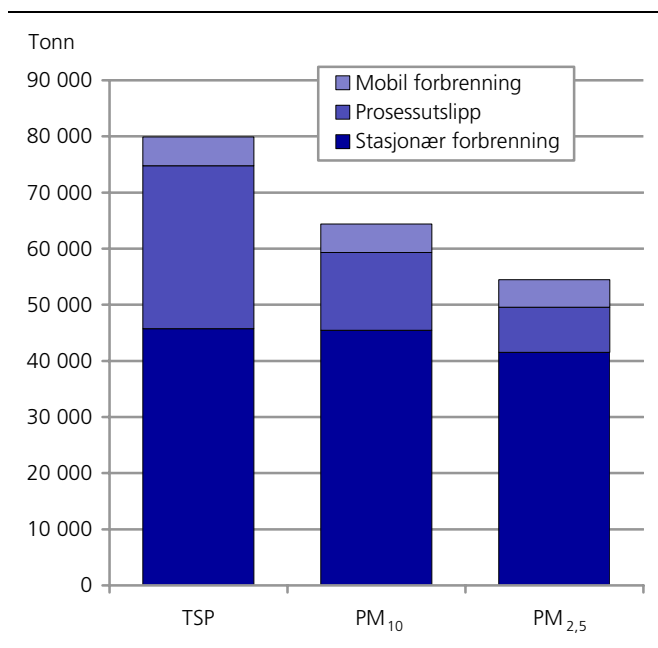
Avhengig av partikkelfraksjon sto mobil forbrenning kun for 6-9 prosent av de totale utslippene i 2001. Det er utslipp fra dieselmotorer og bruk av motorredskaper som bidrar mest til de mobile utslippene.

4.1. Stasjonær forbrenning

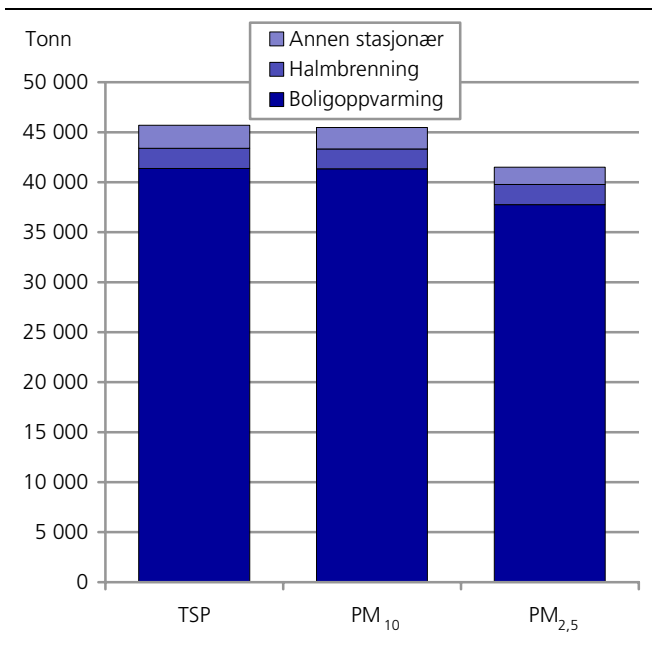
Mesteparten av partikkelutslippet til luft stammer fra stasjonær forbrenning, der utslipp fra vedfyring er den viktigste kilden. 52 prosent av alt utslipp av TSP kom fra vedfyring i 2001. For PM₁₀ og PM_{2,5} sto vedfyring for henholdsvis 64 og 69 prosent (figur 4.3).

Totalt sett sto stasjonær forbrenning for 57, 71 og 76 prosent av alt utslipp av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5}. 90 prosent av dette kom fra vedfyring. Halmbrenning er den nest viktigste kilden til utslipp fra stasjonær forbrenning. Avhengig av komponent kom 4-5 prosent av de stasjonære utslippene fra denne kilden. Utslipp fra forbrenning i industrien sto imidlertid kun for 2 prosent av de stasjonære utslippene.

Figur 4.2. Utslipp til luft av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5} fordelt på kilde. 2001. Tonn



Figur 4.3. Utslipp til luft av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5} fra stasjonær forbrenning i 2001. Tonn



Utslippene av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5} fra stasjonær forbrenning har gått ned med 4 prosent fra 1990 til 2001 til tross for at utslipp fra vedfyring har økt med 6 prosent i samme periode. Nedgangen er en følge av reduserte utslipp fra halmbrenning på grunn av mindre halmbrenning, samt reduserte utslipp fra kommunale avfallsanlegg som følge av installering av rensesystemer.

Utslippene fra vedfyring vil i fremtiden kunne gå ned med økt bruk av moderne ovner.

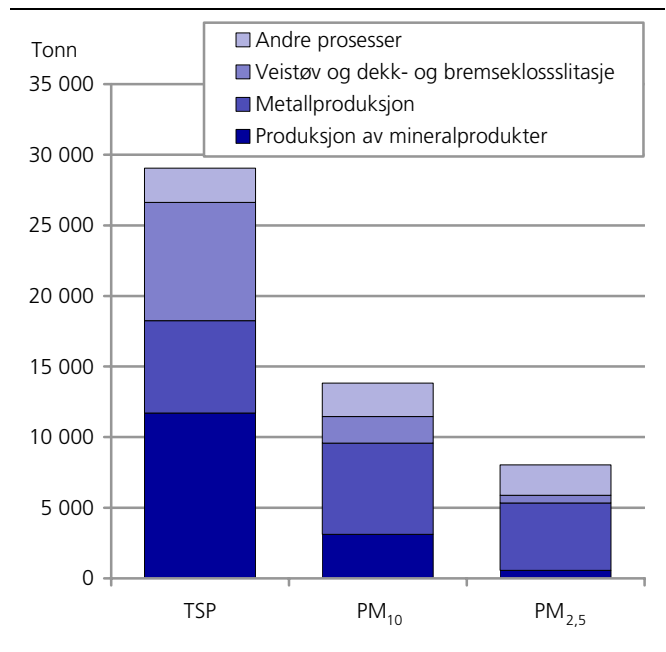
4.2. Prosessutslipp

Utslipp av TSP fra prosesser var 29 ktonn i 2001, mens utslippene av PM₁₀ og PM_{2,5} var på henholdsvis 13,8 og 8 ktonn. Dette viser at ca. 48 prosent av alt prosessutslipp består av partikler mindre enn PM₁₀, mens kun 27,5 prosent er mindre enn PM_{2,5} (figur 4.4).

Produksjon av ulike mineralprodukter er den største kilden til TSP fra prosessutslipp. I 2001 sto denne kilden for 40 prosent av prosessutslippene. Deretter kom utslipp fra veistøv, dekk- og bremseklossslitasje (29 prosent) og metallproduksjon (22 prosent).

For PM₁₀ og PM_{2,5} er imidlertid utslipp fra metallproduksjon den største kilden av prosessutslippene. Hele 47 og 59 prosent av prosessutslippene av PM₁₀ og PM_{2,5} kom fra metallurgisk industri i 2001. Det var utslipp fra produksjon av jern, stål og ferrolegeringer samt aluminiumsproduksjon som bidro mest til utslippene fra metallurgisk industri.

Figur 4.4. Utslipp til luft av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5} fra prosesser i 2001. Tonn



Mens utslipp av TSP fra veistøv sto for hele 29 prosent av prosessutslippene i 2001, kom kun 14 og 6 prosent av prosessutslippene av PM₁₀ og PM_{2,5} fra denne kilden. Dette viser at utslipp fra veistøv, dekk- og bremseklossslitasje hovedsakelig består av større partikler. Også utslipp fra produksjon av mineralprodukter består av større partikler. Som nevnt kom hele 40 prosent av alt prosessutslipp av TSP fra denne kilden. Til sammenligning kom kun 7 prosent av PM_{2,5} fra denne kilden.

Det har vært en nedgang i utslippene av TSP og PM₁₀ på 16 prosent fra 1990 til 2001. For PM_{2,5} har nedgangen vært på 11 prosent. Den største nedgangen har vært innenfor produksjon av mineralprodukter, utslipp fra veistøv og dekkslitasje samt kjemisk industri.

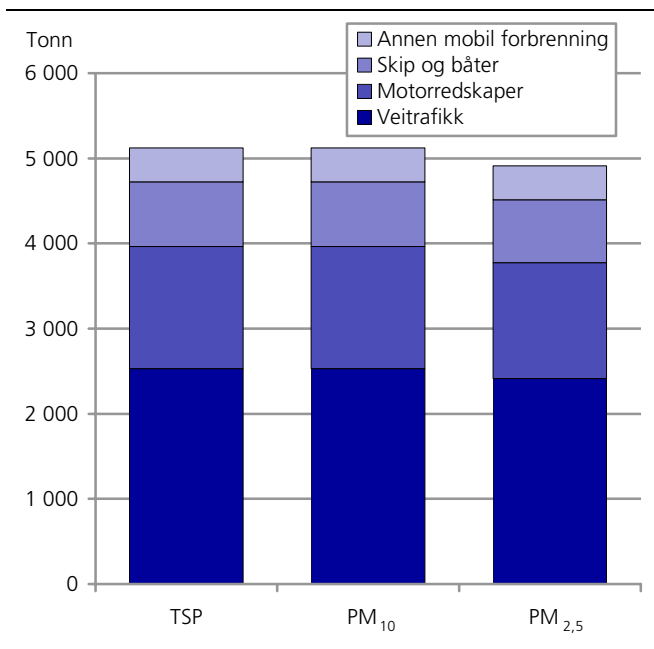
Utslipp fra veistøv er redusert, til tross for en økning i trafikkarbeidet. Reduksjonen skyldes mer slitesterke veidekker, letter pigger og mer bruk av piggfrie dekk. Reduksjonen innenfor kjemisk og mineralsk industri skyldes i hovedsak installering av rensesystemer, bedre drifting av anleggene og mindre produksjon av sand- og pukkprodukter.

4.3. Mobil forbrenning

Utslippene av TSP og PM₁₀ i 2001 var på 5 124 tonn, mens utslippet av PM_{2,5} var på 4 912 tonn (figur 4.5). 49 prosent av de mobile utslippene kom fra veitrafikk, i all hovedsak fra dieselkjøretøyer. Bruk av motorredskaper sto for 28 prosent av utslippene og utslipp fra skip og båter for 15 prosent. Utslippene er redusert med 22 prosent fra 1990 og 23 prosent fra 1995 til 2001 som følge av reduserte utslipp fra veitrafikk. Avgasskrav har ført til en vesentlig reduksjon i de spesifikke utslippene fra både diesel- og bensinkjøretøy

til tross for økning i forbruk av drivstoff. Det har også vært en nedgang i utslipp fra jernbane på mer enn 50 prosent fra 1990 til 2001 som følge av redusert forbruk av diesel.

Figur 4.5. Utslipp til luft av TSP, PM₁₀ og PM_{2,5} fra mobil forbrenning i 2001. Tonn



Referanser

- Bang, J.R. (1993): *Utslipp fra dieseldrevne anleggsmaskiner, arbeidsredskaper, traktorer og lokomotiver*. Teknologisk institutt, Avdeling for kjøreteknikk, Oslo.
- Bang, J.R. (1996): *Utslipp fra NMVOC fra fritidsbåter og bensindrevne motorredskaper*. Teknologisk institutt, Avdeling for kjøreteknikk, Oslo.
- Bang, J., K. Flugsrud, S. Holtskog, G. Haakonsen, S. Larssen, K.O. Maldum, K. Rypdal og A. Skedsmo (1999): *Utslipp fra veitrafikk i Norge - Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*, SFT-rapport 99:04, Statistisk sentralbyrå og Statens forurensnings-tilsyn.
- Bartonova, A, S. Larssen og L. O. Hagen (2002): *Utviklingen i luftforurensningen 1991-2001. Utslippsreduserende tiltak og PM₁₀ partikkelkonsentrasjoner i Oslo og Drammen*, OR 10/2002, Kjeller: Norsk institutt for luftforskning.
- Bækken (1993): *Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje*, rapport O-92090, Oslo: Norsk institutt for vannforskning.
- Cicerone (2002): Tidsskrift fra Cicero Senter for klimaforskning. Nr 3 juni 2002.
- Cooper, J.A. (1980): Environmental impact of residential wood combustion emissions and its implications, *Journal of the Air Pollution Control Association* **30**, 8, 855-861
- Döpelheuer, A., og M. Lecht (1998): *Influence of engine performance on emission characteristics*. RTO AVT Symposium on "Gas Turbine Engine Combustion, Emissions and Alternative Fuels". NATO Research and Technology Organization. RTO Meeting Proceedings. 14.
- EEA (1997): *Copert II. Computer programme to calculate emissions from road transport*. European Environmental Agency. Topic report 1997.
- EEA (2001): *Emission Inventory Guidebook, 3rd Edition*.
- Eikeland, Inger J.: *Personlig meddelelse*. E-post datert 29.05.2002. Elkem@elkem.no
- EPA (1985): *Compilation og Air Pollutant Emission Factors, AP-42 4th Edition and Supplements*. U.S. Environmental protection Agency, Research Triangle park, N.C.
- Evensen, R. (1997a): *Personlig meddelelse*. Telefonsamtale 11/12 1997, Bærum: ViaNova.
- Evensen, R. (1997b): *Notat til Johnny Johansen*. 14/12 1997, Bærum: ViaNova.
- Evensen, R (1997c): *Trafikkarbeid under forskjellige kjøreforhold*, Brev til Jørn Arntsen, Vegdirektoratet, Bærum: ViaNova.
- EPA (1995): *Compilation of air pollutant emission factors. Fifth edition, AP-42*
- EPA (1997): *Emission factors for locomotives*. EPA420-F-97-051. U.S.EPA. Air and radiation office of mobile sources.
- EPA (1998): *Locating and Estimating Air Emissions From Sources of Polycyclic Organic Matter*. EPA-454/R-98-014.
- EPA (2002): *Compilation of air pollutant emissionfactors. Fifth edition, AP-42, Volume 1, Stationary Point & Area Sources, Update 2001 & Update 2002*, U.S. Environmental Protection Agency (EPA)
- Finstad mfl. 2001: *Utslipp til luft av noen miljøgifter i Norge. Dokumentasjon av metode og resultater*, Rapport: 2001/17, Statistisk sentralbyrå. Oslo/Kongsvinger.
- Finstad, A., K. Flugsrud og K. Rypdal (2002): *Utslipp til luft fra norsk luftfart*. Rapport 2002/8. Statistisk sentralbyrå. Oslo/Kongsvinger.

- Flugsrud K. og K. Rypdal (1996): *Utslipp til luft fra innenriks sjøfart, fiske og annen sjøtrafikk mellom norske havner*. Rapport 96/17. Statistisk sentralbyrå. Oslo/Kongsvinger.
- Flugsrud K., E. Gjerald, G. Haakonsen, S. Holtskog, H. Høie, K. Rypdal, B. Tornsjo og F. Weidemann (2000): *The Norwegian Emission Inventory. Documentation of methodology and data for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants*. Statistisk sentralbyrå.
- Fontelle, J.-P. (2002): Personlig meddelelse (diverse epost-korrespondanse), april 2002, CITEPA.
- Gertler, A (2002): Personlig meddelelse, epost datert 12. juni 2002, Reno: Division of Atmospheric Sciences, Desert Research Institute.
- Hassel, Jost, Weber, Dursbeck, Sonnborn og Pletttau (1994): *Abgas-Emissionsfaktoren von Pkw in der Bundesrepublik Deutschland*. Berichte 8/94. Umweltbundesamt (UBA) 1994.
- Hedalen T. (1994): *Vegslitasje - partikkelstørrelsesfordeling*. STF36 A94011, Trondheim: SINTEF Bergteknikk, desember 1994.
- Hedalen, T. og T. Myran (1994): *Vegstøvdepot i Trondheim - partikkelstørrelsesfordeling, kjemisk og mineralogisk sammensetning*, STF36 A94037, Trondheim: SINTEF Bergteknikk, november 1994.
- Haakonsen, G., Rypdal, K. og B. Tornsjo (1998): *Utslippsfaktorer for lokale utslipp - PAH, partikler og NMVOC*. Rapport 1998/29. Statistisk sentralbyrå.
- Haakonsen, G. og E. Kvingedal (2001): *Utslipp til luft fra vedfyring i Norge. Utslippsfaktorer, ildstedsbestand og fyringsvaner*, Rapport 2001/36, Oslo/Kongsvinger: Statistisk sentralbyrå.
- Newell, Terry (2002): Personlig meddelelse, epost datert 12. juni 2002, Ann Arbor: QTAQ Public Information Services, U.S. EPA.
- Larssen, S. (1987): *Støv fra asfaltveier. Karakterisering av luftbåret veistøv. Fase 1: Målinger i Oslo, våren 1985*. NILU: 53/87, O-8431.F
- Larssen, S. (1991): *Partikler i tettstedsluft i Norden. Utslipp - forekomst - helsepåvirkninger, med hovedvekt på bileksosepartikler*. OR 11/91. Norsk Institutt for Luftforskning (NILU), Kjeller.
- Larssen, S. og I. Haugsbakk (1996): *Veistøvdepot og svevestøvkonsentrasjon. Målinger på Europaveien (E6), Mortensrud-Klemetsrud vinteren 1995/96*. NILU: 53/96, O-95108.
- Petzold, A., A. Döpelheuer, C.A. Brock og F. Schröder (1999): *In situ observations and model calculations of black carbon emissions by aircraft at cruise altitude*. Journal of Geophysical Research. Vol 104. No D18. 22,171-22,181.
- Purvis, C.R., R.O. McCrillis og P.H. Karhier (2000): *Fine Particulate Matter (PM) and Organic Speciation of Fireplace Emissions*, Environmental Science & Technology **34**, 9, 1653-1658.
- Rosendahl (2002): *Helseeffekter og samfunnsøkonomiske kostnader av luftforurensning. Luftforurensninger- effekter og verdier (LEVE)*. TA-1718/2000. Statens forurensningstilsyn.
- Rideng (2001): *Transportytelser i Norge*, Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Rijkeboer R.C., Hendriksen P. (1993): *Regulated and unregulated exhaust gas components from LD vehicles on petrol, diesel, LPG and CNG*. Report 93.OR.VM.029/1/PHE/RR. TNO, Delft 26.10.93.
- Rosendahl, A. (1987): *Utslippskoeffisienter. Oversikt over koeffisienter for utslipp til luft og metoder for å beregne disse*. Statens forurensningstilsyn. Luftseksjonen. Oslo
- SFT (1993): *Utslipp fra veitrafikken i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater*. Statens forurensningstilsyn rapport 93:12.
- Statens helsetilsyn (1999) *Bedre byluft*. Rapport fra arbeidsgruppe som har vurdert strakstiltaksnivåer, varslingsgrenser og terminologi. IK-2674. Statens Helsetilsyn.
- Statens vegvesen (1995a): *Undersøkelse av vegvedlikehold og kjøreforhold - vinteren 1994/1995. Del I: Samlet fremstilling og analyser av undersøkelsene i perioden 1990 - 94*. Nr. 95-333. Vegdirektoratet, Driftsavdelingen, Vedlikeholdskontoret.
- Statens vegvesen (1995b): *Undersøkelse av vegvedlikehold og kjøreforhold - vinteren 1994/1995. Del II: Statistikkhefte for undersøkelsene i perioden 1990 - 94*. Nr. 95-334. Vegdirektoratet, Driftsavdelingen, Vedlikeholdskontoret.
- Statens vegvesen (1996): *Veg-grepsprosjektet; Delprosjekt 5.15: Samfunnsøkonomiske konsekvenser; Dokumentasjon av beregningsmodell*. Intern rapport nr. 1918. Vegdirektoratet, Veglaboratoriet
- Statens vegvesen (1997a): *Veg-grepsprosjektet; Samlerapport; Konklusjoner, forslag til ny veg-grepspolitikk og resultater*. Intern rapport nr. 1994. Vegdirektoratet.

Statens vegvesen (1997b): *Undersøkelse om bruk av piggdekk*. Ikke publisert.

Statens vegvesen (1998): *Undersøkelse av vegvedlikehold og kjøreforhold - vinteren 1997/98*
Landssammenstilling. STF22 A98561. Vegdirektoratet.

Stortingsmelding 24 (2000-2001): Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand.

Tidsskrift fra Den norske lægeforening (2002): *Luftforurensning, astma og allergi - betydningen av ulike partikler*. Tidsskriftnummer 18/2002.

TNO (2002): CEPMEIP Database, www.mep.tno.nl (status per mars 2002)

Vegdirektoratet (1990): *Forskrift om bruk av kjøretøy*.

Volkswagen AG (1989): *Unregulated Motor Vehicle Exhaust Gas Components*. Wolfsburg 1989.

Westerlund, K.-G. og C. Johansson (2001): *Emissions of metals and particulate matter due to wear of brake linings in Stockholm*. Engelsk oversettelse basert på artikkelen: *Metallemission från trafiken i Stockholm - slitage av bromsbelägg*. Rapporter från SLB-analys. Nr 2:98. Miljöförvaltningen, Stockholm, Sverige.

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
- 2001/17: Utslipp til luft av noen miljøgifter i Norge.
Dokumentasjon av metode og resultater
- 2001/36: Utslipp til luft fra vedfyring i Norge.
Utslippsfaktorer, ildstedsbestand og
fyringsvaner
- 2002/7: Utslipp til luft av dioksiner i Norge -
Dokumentasjon av metode og resultater
- 2003/7: Utslipp til luft av kobber, krom og arsen i
Norge. Dokumentasjon av metode og resultater

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

- 2002/28 B. Andersen, J. Linnerud og P. Schøning: Landbruksbebyggelse 2000. Kvalitetskontroll av informasjon om landbruksbebyggelse ved kobling av registre. 2002. 50s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5165-6
- 2002/29 K. Massey Heide, E. Holmøy, og L. Lerskau: Norsk konkurranseutsatt sektor i et langsiktig perspektiv. 67s. 155 kr inkl.mva. ISBN 82-537-5175-3
- 2002/30 T. Pedersen: Tilpasning på arbeids-markedet for personer som går ut av status som yrkeshemmet i SOFA-søkerregisteret. 2001 og 2002. 39s. 115 kr inkl.mva. ISBN 82-537-5178- 8
- 2002/31 T. Pedersen: Tilpasning på arbeidsmarkedet for deltakere på ordinære arbeidsmarkeds-tiltak i årene 1996-2001. 19s. 115 kr inkl.mva. ISBN 82-537-8181-8
- 2002/32 G.I. Gundersen, O. Rognstad og L. Solheim: Bruk av plantevernmidler i jordbruket i 2001. 2002. 83s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-8188-5
- 2002/33 A. Gillund og A. Thomassen: Produksjonsindeks for og anlegg. Ny beregningsmetode basert på timeverk. 2002 19s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5204-0
- 2002/34 A. Langørgen og D. Rønningen: Kapitalkostnader i kommunene. 2002. 30s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5205-9
- 2002/35 T.Smith, S.E. Stave og J.K. Undelstvedt: Ressursinnsats, utslipp og rensing i den kommunale avløpssektoren. 2001. 2002. 81s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5216-4
- 2003/1 V V. Holst Bloch og M. Steinnes: Fritidshus-områder 2002. 2002. 51s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5220-2
- 2003/2 I. Johansen: Redusert matmoms - en analyse av prisutviklingen i kiosker og bensin-stasjoner. 22s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5222-9
- 2003/3 T. Bye og E. Fjærli: Dagens skattesystem i kraftsektoren - finnes det bedre alternativer? 38s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5252-0
- 2003/4 T.P. Bøe: Funksjonshemmede på arbeidsmarkedet - rapport fra tilleggsundersøkelse til Arbeidskraftundersøkelsen (AKU) 2. kvartal 2002. 2003. 45s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-5254
- 2003/5 R.H. Ktterød: Tid til barna? Tidsbruk og samvær med barn og blant mødre med barn i kontantstøttealder. 2003. 56s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-6230-5
- 2003/6 M. Aagaard Walle: Overholder bedriftene i Norge miljøreguleringene? 2003. 42s. 155 kr inkl.mva. ISBN 82-537-6354-9
- 2003/7 A. Finstad og K. Rypdal: Utslipp til luft av kobber, krom og arsen i Norge. Dokumentasjon av metode og resultater. 2003. 33s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-6356-5
- 2003/8 M.I. Kirkeberg, J. Epland og M. Hagesæther: Barnefamiliers inntektsutvikling 1990-2000. 2003. 27s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-6358-1
- 2003/9 S. Vatne Pettersen: Barnefamiliers tilsynsordninger, yrkesdeltakelse og bruk av kontantstøtte våren 2002. 2003. 131s. 210 kr inkl. mva. ISBN 82-537-6364-6
- 2003/10 T. Langer Andersen og J.H. Wang: Konjunkturbarometeret. 2003. 56s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-6368-9
- 2003/11 F.R. Aune: Fremskrivinger for kraftmarkedet til 2020. Virkninger av utenlanskabler og fremskydet gasskraftutbygging. 2003. 35s. 155 kr inkl. mva. ISBN 82-537-6372-7
- 2003/12 J. Lyngstad og J. Epland: Barn av enslige forsørgere i lavinntekthusholdninger. En analyse basert på registerdata. 2003. 96s. 180 kr inkl. mva. ISBN 82-537-6377-8
- 2003/13 D. Fredriksen, K. Massey Heide, E. Holmøy og N.M. Stølen: Makroøkonomiske virkninger av endringer i pensjonssystemet. 91s. 180 kr inkl.mva. ISBN 82-537-5173-7
- 2003/14 B. Aardal, H. Valen, R. Karlsen, Ø. Kleven og T.M. Normann: Valgundersøkelsen 2001. Dokumentasjon- og tabellrapport. 183s. 260 kr inkl. mva. ISBN 82-537-6408-1