

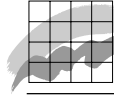


Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

# Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990 - 1996

*Faglig rapport fra DMU, nr. 301*

*[Tom side]*



Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

---

# Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990 - 1996

*Faglig rapport fra DMU, nr. 301  
1999*

*Jytte Boll Illerup*  
Afdeling for Systemanalyse

*Annemette Geertinger*  
*Leif Hoffmann*  
*Knud Christiansen*  
dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ

# Datablad

Titel:	Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990 - 1996
Forfattere:	Jytte Boll Illerup <sup>1</sup> , Annemette Geertinger <sup>2</sup> , Leif Hoffmann <sup>2</sup> , Knud Christiansen <sup>2</sup>
Afdelinger:	<sup>1</sup> Afdeling for Systemanalyse, DMU, <sup>2</sup> dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 301
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser©
URL:	<a href="http://www.dmu.dk">http://www.dmu.dk</a>
Udgivelsestidspunkt:	December 1999
Faglig kommentering:	Morten Winther
Layout:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
Elektronisk layout:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
Bedes citeret:	Illerup, J.B.; Geertinger, A.; Hoffmann, L.; Christiansen, K., (1999): Emissions faktorer for tungmetaller 1990 - 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. 66 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 301

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

**Abstrakt:** Der er udarbejdet emissionsfaktorer ud fra de produktionsmetoder der anvendes i Danmark og de emissioner, der reelt forekommer fra anlæg og andre aktiviteter. De væsentligste kilder til emission til atmosfæren af tungmetaller er: Kraft- og fjernvarmeværker (kul, olie og affald), jern- og metalforarbejdning, cementproduktion og glasproduktion samt vejtransport og anden transport. Ud fra emissionsfaktorer estimeret for danske anlæg og fra emissionsfaktorer anbefalet i the Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR) er de totale danske emissioner af tungmetaller til atmosfæren opgjort for 1990 og 1997. Generelt er de vigtigste kilder til tungmetalemissioner affald og forbrænding af fossile brændsler. På trods af et øget brændselsforbrug, er der sket et markant fald i emissionerne. Reduktionerne ligger mellem 4% og 93% for henholdsvis Cu og Pb. Årsagen til de mindskede udslip skyldes i vid udstrækning øget anvendelse af røgrensningsudstyr på kraft- og fjernvarmeanlæg (herunder affaldsforbrændingsanlæg) samt indførsel af blyfri benzin.

**Frie emneord:** Tungmetaller, emissioner, emissionsfaktorer, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, CORINAIR.

**Redaktionen afsluttet:** December 1999

ISBN: 87-7772-513-1  
ISSN (trykt): 0905-815X  
ISSN (elektronisk): 1600-0048

Papirkvalitet: Cyclus Office  
Tryk: Hvidovre Kopi  
Sideantal: 66  
Oplag: 200  
Pris: kr. 75,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)

Købes i boghandelen eller hos: Danmarks Miljøundersøgelser  
Postboks 358  
Frederiksborgvej 399  
DK-4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

Miljøbutikken  
Information og Bøger  
Læderstræde 1  
DK-1201 København K  
Tlf.: 33 95 40 00  
Fax: 33 92 76 90  
e-mail: butik@mem.dk  
URL: [www.mem.dk/butik](http://www.mem.dk/butik)

# **Indhold**

## **Forord 5**

## **Sammenfatning 6**

## **Summary 9**

## **1 Indledning 12**

### 1.1 Baggrund 12

## **2 Projektindhold og fremgangsmåde 13**

### 2.1 Projektindhold 13

### 2.2 Fremgangsmåde 13

### 2.3 Analyse af målerapporter 14

### 2.4 Indhentning af oplysninger om anlæg 15

## **3 Kraft- og fjernvarmeværker - kul og olie 16**

### 3.1 Anlægstyper og brændsler 16

### 3.2 Afsvovlingsanlæg 17

### 3.3 Emissionsfaktorer 19

## **4 Kraft- og fjernvarmeværker - affald 22**

### 4.1 Affaldsforbrændingsanlæg 22

### 4.2 Røgrensningsanlæg 23

### 4.3 Emissionsfaktorer 25

## **5 Jern- og metalstøberier 29**

### 5.1 Jernstøberier 29

### 5.2 Metalstøberier 32

### 5.3 Stålværker 35

### 5.4 Metalsmelterier 36

## **6 Glasproduktion 39**

## **7 Cementproduktion 41**

## **8 Danske tungmetalemissioner, 1990 og 1997 42**

### 8.1 Emissionsfaktorer 43

### 8.2 Aktiviteter 43

### 8.3 Emissioner fordelt på sektorer 44

## **Kildehenvisning 50**

## **Bilag 1 Usikkerhedsberegninger for målinger på affaldsforbrændingsanlæg 53**

Bilag 1.1 53

Bilag 1.2 54

Bilag 1.3 55

Bilag 1.4 56

## **Bilag 2 Punktkilder for 1990 og 1997 57**

Bilag 2.1 57

Bilag 2.2 58

## **Bilag 3 Anvendte emissionsfaktorer 60**

Bilag 3.1 60

Bilag 3.2 61

Bilag 3.3 62

## **Bilag 4 Brændselsforbrug i 1990 og 1997 63**

## **Bilag 5 Tungmetalemissioner til atmosfæren fordelt på sektorer for 1990 og 1997 66**

## Forord

Denne rapport indeholder en opgørelse over emissionsfaktorer for tungmetaller til luft for de vigtigste danske sektorer og processer, samt totale opgørelser for Danmark for årene 1990 og 1997. Arbejdet er udført i et samarbejde mellem dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ og Danmarks Miljøundersøgelser og er blevet finansieret af Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser. Styregruppen har haft følgende medlemmer: Jytte Boll Illerup, Danmarks Miljøundersøgelser, Annemette Geertinger, dk-TEKNIK og Per B. Suhr, Miljøstyrelsen.

# Sammenfatning

Nærværende projekt har haft til formål at udarbejde emissionsfaktorer for tungmetaludslip til luft, relateret til de produktionsmetoder, der anvendes i Danmark. Det betyder, at emissionsfaktorerne skal beregnes ud fra de emissioner, der reelt forekommer fra danske kraft- og fjernvarmeværker samt danske industriprocesser. Der har indtil nu ikke været en samlet og opdateret opgørelse af emissionsfaktorer for tungmetaller for danske processer, og de danske emissionsopgørelser har for en stor del været baseret på internationale emissionsfaktorer.

De væsentligste kilder til emissioner af tungmetaller er: Kraft- og fjernvarmeværker (kul, olie og affald), jern- og metalforarbejdning, cementproduktion og glasproduktion. Arbejdet i dette projekt har været koncentreret om at estimere emissionsfaktorer for disse sektorer. For visse tungmetaller bidrager transportsektoren væsentligt til emissionerne. Denne sektor ligger uden for rammerne af nærværende projekt, men er omfattet af det arbejde der udføres af Danmarks Miljøundersøgelser vedrørende trafikemissioner. Disse indgår i opgørelserne over total udslip af tungmetaller for årene 1990 og 1997.

Til indsamling af data og beregning af emissioner anvendes databasesystemet CORINAIR (COoRdination of INformation on AIR emissions), der er udviklet af det Europæiske Miljøagenturs Temacenter for Luftemissioner. På basis af oplysningerne i CORINAIR dannes ved hjælp af udtræksprogrammer de emissionsopgørelser, der skal rapporteres til forskellige internationale konventioner. Emissionsfaktorerne i dette projekt er estimeret på et niveau der passer til CORINAIRs sektorer og undersektorer.

## **Emissionsfaktorer**

For kraft- og fjernvarmeværker (kul og olie) er der på basis af målinger og modeller fra Elsam og Elkraft estimeret emissionsfaktorer for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Se. Emissionsfaktorerne er beregnet ud fra gennemsnitsindholdet af tungmetaller for de mest anvendte kultyper i Danmark og dækker anlæg med elektrofilter, semitør- og vådafsvovlingsanlæg samt SNOX-anlæg. I elektrofilteret udskilles 40-99% og i semitørt og vådt afsvovlingsanlæg udskilles henholdsvis 0-99% og 28-67%.

Emissionsfaktorerne fra affaldsforbrændingsanlæg er fastlagt på basis af emissionsmålinger udført af dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ i perioden 1986-1998 og omfatter As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn for syv forskellige røgrenningsteknikker. Den mindst effektive røgrenningsteknik finder sted på de anlæg der kun anvender elektrofilter, mens den mest effektive ses for de anlæg, der anvender en kombination af elektrofilter, vådrøgrenning og posefilter.

Inden for jern- metalsektoren er der estimeret emissionsfaktorer for jern- og metalstøberier, metalsmelterier samt Stålvalseværket. De tilgængelige danske målinger har ikke dækket alle tungmetallerne. På Stålvalseværket, der er den største enkeltkilde inden for jern- og



metalforarbejdning, er der foretaget mange målinger af tungmetallerne Cd, Hg, Ni, Pb, og Zn.

Den væsentligste produktion af glas og cement i Danmark foregår på to virksomheder. For glasproduktion er der estimeret emissionsfaktorer for Pb, Se og Zn. For cementproduktionen er der estimeret emissionsfaktorer for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se og Zn.

### Danske tungmetalemissioner, 1990 og 1997

Emissionerne af tungmetaller til atmosfæren er opgjort for 1990 og 1997 og dækker følgende sektorer:

- 1 Fyringsanlæg: kraft- og fjernvarmeværker (herunder affaldsforbrændingsanlæg), raffinaderier, olie- og gasudvinding
- 2 Fyringsanlæg: beboelse, institutioner, skov- og landbrug
- 3 Forbrænding i industri: fyringsanlæg, processer uden kontakt, processer med kontakt
- 4 Produktionsprocesser: raffinaderier, jern- og metalindustri, cementindustri, glasindustri
- 7 Vejtransport: personbiler, varebiler, lastbiler, busser, knallerter og motorcykler
- 8 Andre mobile kilder: militær, jernbaner, inden- og udenrigs fly- og skibstrafik, off-road

Til beregning af emissionerne er dels anvendt de emissionsfaktorer der er estimeret i nærværende projekt for danske anlæg og dels emissionsfaktorer anbefalet af CORINAIR (1996).

Generelt er de vigtigste kilder til tungmetalemissioner forbrænding af affald og fossile brændsler. Emissionsfaktorerne for affald er for de fleste tungmetaller en del højere end for andre brændsler. Bio-brændslerne halm og træ har generelt et lige så stort indhold af tungmetaller som kul og olie, mens naturgas ikke indeholder tungmetaller.

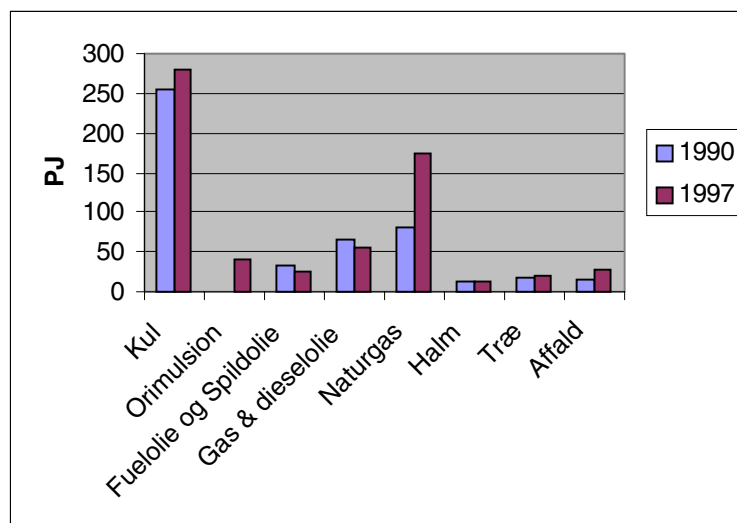
Danske tungmetalemissioner fordelt på sektorer, 1997

[kg]	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
<b>Forbrænding - kraftværker og raffinaderier</b>	432	312	1760	1589	1595	8401	3734	1972	11228
<b>Forbrænding-beboelser og institutioner</b>	118	149	222	239	285	2359	488	274	2706
<b>Forbrænding-industri</b>	284	237	891	346	135	8292	1748	828	1525
<b>Produktionsprocesser</b>	0	35	0	45	84	228	704	0	5656
<b>Vejtransport</b>	0	33	168	5700	0	235	55	33	3353
<b>Andre mobile kilder</b>	32	12	58	1319	18	965	1822	88	955
<b>Total</b>	865	778	3098	9238	2117	20480	8551	3195	25423

Forbruget af fossile brændsler er en del højere i 1997 end i 1990. Det gælder i såvel energisektoren som i transportsektoren. I 1990 var der i

Danmark en væsentlig elimport på 7 TWh og desuden steg anvendelsen af affald til energiproduktion markant fra 1990 til 1997.

Brændselsforbruget (eksklusiv transport) for de vigtigste brændsler



På trods af det øgede brændselsforbrug, er der sket et markant fald i tungmetalemissionerne. Reduktionerne ligger mellem 4% og 93% for henholdsvis Cu og Pb. Årsagen til de mindskede udslip skyldes i vid udstrækning øget anvendelse af røgningsudstyr på kraft- og fjernvarmeanlæg; herunder affaldsforbrændingsanlæg. For Pb skyldes faldet dog indførelse af blyfri benzin.

Totale emissioner til luft for 1990 og 1997

(kg)	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
1990	1447	1123	6200	9670	3171	26479	124234	4233	34353
1997	865	778	3098	9238	2117	20480	8551	3195	25423
% red.	40,2	30,7	50,0	4,5	33,2	22,7	93,1	24,5	26,0

# Summary

The aim of the present project has been to estimate emission factors for heavy metal emissions to the atmosphere related to actual Danish production processes. Until now there has not been a complete and updated inventory of emission factors of heavy metals for Danish processes and the emission inventory has generally been based on international emission factors.

The most important sources of heavy metal emissions are public power and district heating plants, steel- and metal industries, cement- and glass production. The work has been concentrated on estimating emission factors for these sectors. For some heavy metals the transport sector contributes significantly. Emission factors for this sector are estimated in the work concerning traffic emissions at the National Environmental Research Institute and the emissions are included in the total emissions calculated for the years 1990 and 1997.

For collecting data and calculating emissions are used the database system CORINAIR (COoRdination of INformation on AIR emissions) developed by the European Topic Centre on Air Emissions under the European Environmental Agency. The emission factors are estimated on a level fitting the sectors and sub-sectors defined in CORINAIR.

## **Emission factors**

Emission factors from public power- and district heating plants are based on measurements and model calculations carried out by Elsam and Elkraft for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, and Se. The factors are estimated from the average content of heavy metals for the most common used type of coal in Denmark. The emission factors cover plants with electrostatic precipitator, semidry – and wet desulphurization plants and SNOX plants. In the electrostatic precipitator 40-99% of the heavy metals are collected and in semidry and wet desulphurization plants 0-99% and 28-67% are collected.

Emissions factors for waste incineration plants are estimated from measurements carried out by dk-TEKNIK in the period 1986-1998 and covers As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn for seven different gas cleaning techniques. The least effective retention is seen for the plants using electrostatic precipitators only and the most effective is seen for plants using a combination of electrostatic precipitator, wet collectors and fabric filters.

Within the iron- and metal industries emission factors are estimated for iron and metal foundries, metal melting works and for the Danish Steel Works. The available data do not cover all the relevant heavy metals. At the Danish Steel Works, which is the largest single point source within the iron and metal industry, extensive measurements of Cd, Hg, Ni, Pb and Zn are carried out.

The majority part of the production of glass and cement in Denmark takes place at two factories. For the glass production emission factors

are estimated for Pb, Se and Zn, and for the cement production emission factors are estimated for As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se and Zn.

### Emission of heavy metals from Danish sources, 1990 and 1997

The air emissions of heavy metals are calculated for 1990 and 1997 and cover the following sectors:

- 1 Combustion plants: Public power and district heating plants, refining plants, oil and gas extraction
- 2 Combustion plants: Commercial, institutional, residential, agriculture and forestry
- 3 Combustion in industry: Boilers, processes without contact, processes with contact
- 4 Production processes: refineries, iron and metal industries, cement industry, glass industry
- 7 Road traffic: Passenger cars, light and heavy-duty vehicles, mopeds and motorcycles
- 8 Other mobile sources: military, railways, air traffic, maritime activities, off-road

The emission calculation is based partly on the emission factors estimated in the present project and partly on the emission factors recommended by CORINAIR (1996)

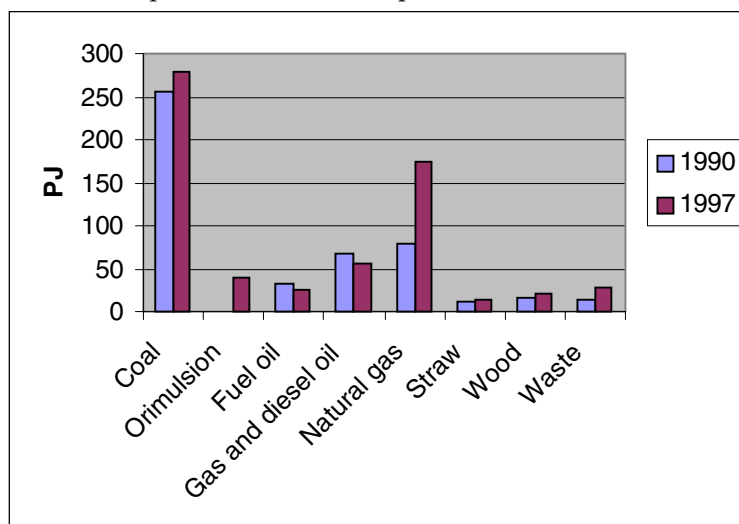
In general the most important sources of heavy metal emissions are combustion of fossil fuels and waste. For most of the heavy metals the emission factors are higher for waste than for other fuels. Bio fuels as straw and wood have generally a content of heavy metals as high as coal and oil, while natural gas do not contain heavy metals.

The distribution of heavy metals on sectors, 1997

[kg]	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
<b>Combustion-Public power and refineries</b>	432	312	1760	1589	1595	8401	3734	1972	11228
<b>Combustion-Residential and institutional</b>	118	149	222	239	285	2359	488	274	2706
<b>Combustion-Industry</b>	284	237	891	346	135	8292	1748	828	1525
<b>Production processes</b>	0	35	0	45	84	228	704	0	5656
<b>Road traffic</b>	0	33	168	5700	0	235	55	33	3353
<b>Other mobile sources</b>	32	12	58	1319	18	965	1822	88	955
<b>Total</b>	865	778	3098	9238	2117	20480	8551	3195	25423

The consumption of fossil fuels was considerable higher in 1997 than in 1990; this applies to both the energy sector and the transport sector. For the energy sector, it was due to an import of electricity of 7 TWh in 1990. Further more the consumption of waste for energy production has increased remarkably from 1990 to 1997.

### Fuel consumption for the most important fuels (exclusive transport)



Despite the increased consumption of fossil fuels and waste a significant reduction in the heavy metal emissions can be seen. The reductions are between 4% and 93% for Cu and Pb, respectively. The reason for the reduced emissions is mainly due to increased use of gas cleaning device at power and district heating plants, (including waste incineration plants) and introduction of gasoline without lead.

### Totale emissions for 1990 og 1997

(kg)	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
<b>1990</b>	1447	1123	6200	9670	3171	26479	124234	4233	34353
<b>1997</b>	865	778	3098	9238	2117	20480	8551	3195	25423
<b>% red.</b>	40,2	30,7	50,5	4,5	33,2	22,7	93,1	24,5	26,0

# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

Danmarks Miljøundersøgelser opgør årligt danske emissioner til atmosfæren af en række stoffer (Illerup et al, 1999). Opgørelserne danner blandt andet basis for vurdering af, om nationale målsætninger kan nås og om internationale reduktionsaftaler kan overholdes.

For tungmetallerne er Danmark på nuværende tidspunkt forpligtiget til at rapportere emissionsopgørelser for arsen (As), cadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kviksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og zink (Zn) til Oslo-Paris/Helsingfors konventionerne, og As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se og Zn til det europæiske temacenter for luftemissioner. Derudover er der underskrevet en protokol under FN's Økonomiske Kommission for Europa (ECE) omfattende stofferne Cd, Hg og Pb.

Der har indtil nu ikke været en samlet og opdateret opgørelse af emissionsfaktorer for tungmetaller for danske processer, og de danske opgørelser har for en stor del været baseret på internationale tungmetalemissionsfaktorer.

For at få et bedre grundlag for emissionsopgørelserne er det en fordel at udarbejde emissionsfaktorer, der er baseret på de produktionsmetoder, der rent faktisk anvendes i Danmark, og de emissioner, der reelt forekommer fra energiproduktion og industriprocesser. Et mere korrekt billede af emissionsfaktorernes størrelse giver et mere sikkert grundlag for forhandlinger om internationale reduktionsaftaler.

Der har i de senere år været foretaget målinger af tungmetalemissioner på en lang række danske virksomheder, hvoraf hovedparten er foranlediget af et krav i de pågældende virksomheders miljøgodkendelser. Formålet med nærværende projekt har været at estimere emissionsfaktorer på anlægstypeniveau ud fra målinger foretaget på enkelte anlæg. I projektet bearbejdes viden om emissioner fra konkrete anlæg og virksomheder til et aggregeringsniveau, så totale emissioner for Danmark kan beregnes.

Til indsamling af data og beregning af emissioner anvendes databasesystemet CORINAIR (COoRdination of INformation on AIR emissions), der er udviklet af det Europæiske Miljøagenturs Temacenter for Luftemissioner (Winther et al., 1999). På basis af oplysningerne i CORINAIR dannes ved hjælp af udtræksprogrammer de emissionsopgørelser, der skal rapporteres til de forskellige internationale konventioner. Emissionsfaktorerne i dette projekt er estimeret på et niveau tilpasset CORINAIR's sektorer og undersektorer.

## 2 Projektindhold og fremgangsmåde

### 2.1 Projektindhold

I CORINAIR er sektorerne opdelt på følgende hovedgrupper (CORINAIR, 1996):

- 1 Forbrænding: energiproduktion og energitransformation (stationære kilder)
- 2 Forbrænding: erhverv, institutioner og beboelse samt landbrug, skovbrug og fiskeri (stationære kilder)
- 3 Forbrænding: industri (stationære kilder)
- 4 Produktionsprocesser (stationære kilder)
- 5 Udvinning og distribution af fossile brændsler
- 6 Brug af opløsningsmidler og andre produkter
- 7 Vejtransport
- 8 Andre mobile kilder og maskineri
- 9 Affaldsbehandling
- 10 Landbrug og skovbrug
- 11 Natur

Heraf er grupperne 1, 2, 3, 4, 6, 7 og 9 relevante for opgørelse af tungmetaller. Hovedgrupperne 7 og 8 ligger uden for rammerne af nærværende projekt, men er omfattet af det arbejde der udføres på DMU vedrørende trafikemissioner. Disse indgår i opgørelserne over danske tungmetalemissioner (kapitel 8).

De væsentligste danske kilder til emission af tungmetaller er: Kraft- og fjernvarmeværker (kul, olie og affald), jern- og metalforarbejdning, cementproduktion og glasproduktion. Projektarbejdet har derfor været koncentreret om at estimere emissionsfaktorer for disse sektorer. Som det vil fremgå af kapitel 8, er emissioner fra andre kilder beregnet ved anvendelse af internationale emissionsfaktorer.

### 2.2 Fremgangsmåde

Ved kortlægningen af emissionsfaktorerne er anvendt følgende fremgangsmåde:

- 1) Identifikation af de vigtigste kilder inden for de udvalgte sektorer og industrier.

- 2) Undersøgelse af om virksomhederne har fået foretaget målinger af dk-TEKNIK eller andre analyselaboratorier, og om målingerne dækker alle relevante anlægstyper inden for den pågældende sektor.
- 3) Hvis der ikke er foretaget målinger på danske anlæg, estimeres emissionerne ud fra internationale emissionsfaktorer.

Hvor det er muligt bestemmes emissionsfaktorerne i afhængighed af vigtige parametre som f.eks. brændselstype, anlægstype og -størrelse samt rensningsanlæg. Bestemmelse af emissionsfaktorerne er altså i videst muligt omfang foretaget ud fra målinger af de faktiske emissioner samt kendskab til produktionsforhold eller driftsforhold under disse målinger.

Såfremt dk-TEKNIK ikke har udført målinger på de relevante anlægstyper, er oplysninger om emissionsfaktorerne indhentet fra anlæggene, via miljøgodkendelser eller brancheorganisationer.

Det samme gør sig gældende for anlægstyper, hvor det på grund af antallet ikke er muligt at anonymisere oplysningerne. Dette gælder f.eks. emissionsfaktorerne for cementproduktion, hvor der kun findes et enkelt anlæg i Danmark.

For hver af de sektorer der er med i opgørelsen er følgende parametre fastlagt:

- en oversigt over de væsentligste kilder til tungmetalforureningen indenfor hver branche opdelt i år ca. 1990 og år ca. 1997
- underopdeling i typiske kilder eller anlægstyper efter f.eks. produktionsmetode eller røggasrensningsteknologi
- emissionsfaktoren udtrykt som gram tungmetal per produceret eller omsat enhed for hver af de typiske kilder. Faktoren kan være oplyst som et tal eller et interval, og den udtrykker den mængde tungmetal, der udledes til atmosfæren.

I forbindelse med opgørelse af emissioner til CORINAIR er de enkelte sektorer tildelt et kodenummer, også kaldet en SNAP-kode (Selected Nomenclature for Air Pollution). I det følgende er de enkelte anlæg tildelt en SNAP-kode.

Emissionsfaktorerne for kraft- og fjernvarmeanlæg for kul og olie er beregnet ud fra oplysninger givet af Elkraft og Elsam samt CORINAIR (1996), mens emissionsfaktorer for affaldsforbrænding, jern- og metalforarbejdning, cementproduktion og glasproduktion er beregnet ud fra målinger foretaget af dk-TEKNIK eller oplysninger fra de vigtigste kilder som beskrevet i afsnit 2.2 og 2.3.

## 2.3 Analyse af målerapporter

dk-TEKNIK udfører målinger af emissionerne fra en lang række danske virksomheder. Rapporter fra disse måleopgaver opbevares i minimum 5 år i dk-TEKNIKs arkiv. På basis af disse rapporter har det



været ønsket at beregne repræsentative emissionsfaktorer. For nogle anlægstyper indgår der et meget stort antal målinger i beregningerne, mens der for enkelte kun er foretaget få målinger. Dette gør sig især gældende for målingerne bag de emissionsfaktorer, der er beregnet for ca. 1990.

Hovedparten af de emissionsmålinger, der udføres i Danmark, er foranlediget af et krav i de pågældende virksomheders miljøgodkendelser. De har således haft til formål, at dokumentere, at virksomheder overholder miljøgodkendelsens krav til maksimalt tilladelige emissioner m.v.. Nogle virksomheder er pålagt hyppige kontroller, som f.eks. affaldsforbrændingsanlæg med op til 6 årlige stikprøve målinger. Andre virksomheder skal blot eftervise, at miljøgodkendelsens krav overholdes efter anmodning fra godkendelsesmyndigheden. Analysenøjagtigheden i forbindelse med sådanne målinger vælges ofte, så den er minimum en faktor 10 bedre end miljøkravet. Analysenøjagtigheden fastlægges ud fra prøvetagningstid samt analyselaboratoriets detektionsgrænse.

For nogle få virksomheder med processer, der kun er ringe kendskab til, foretages der målinger med det formål, at fastlægge hvilke vilkår miljøgodkendelsen skal indeholde. Der stilles sjældent krav om periodiske målinger til sådanne virksomheder. Analysenøjagtigheden fastlægges som ved almindelige miljømålinger.

Endelig foretages i ganske få tilfælde en garantiprøve i forbindelse med aflevering af et nybygget eller nyrenoveret anlæg eller virksomhed. Virksomheden kan ofte have et ønske om en meget nøjagtig fastsættelse af emissionerne i forbindelse med sådanne målinger, hvorfor disse målinger udføres således at usikkerheden minimeres.

## **2.4 Indhentning af oplysninger om anlæg**

For tre af de udvalgte brancher forholder det sig således, at der kun findes én virksomhed af den pågældende type i Danmark: Glasproduktion, cementproduktion og Stålvalseværket under gruppen jern- og metalstøberier. De målinger dk-TEKNIK foretager for enhver virksomhed er virksomhedens ejendom og kan derfor ikke offentliggøres eller oplyses til uvedkommende uden accept fra virksomheden. Disse virksomheder er derfor kontaktet for at opnå denne tilladelse.

I det omfang dk-TEKNIK ikke har udført tilstrækkelig mange målinger indenfor en anlægstype, er der taget kontakt til disse anlæg for at få så korrekte og repræsentative informationer om emissionsfaktoren som muligt.

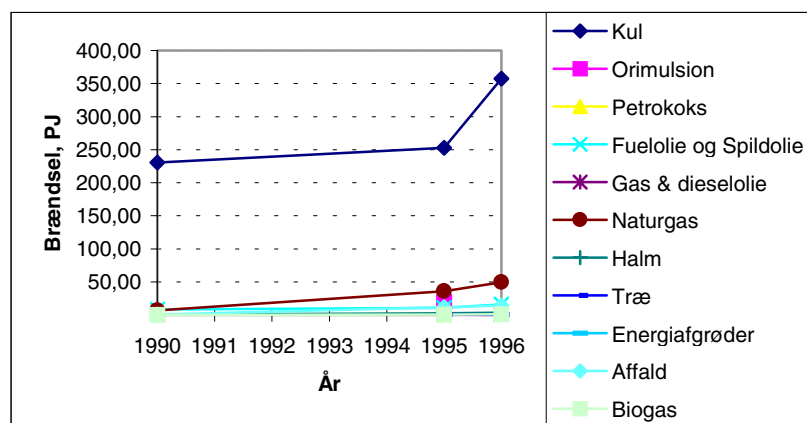
Endelig er kortlægningen af de enkelte brancher foretaget ved at interviewe brancheorganisationer, relevante personer på virksomhederne og godkendende myndigheder suppleret med miljøgodkendelser og den viden og litteratur dk-TEKNIK har indsamlet om den pågældende branche.

### 3 Kraft- og fjernvarmeværker - kul og olie

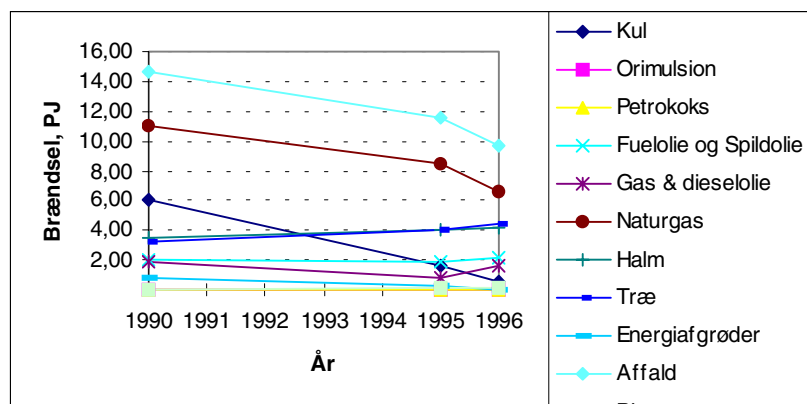
#### 3.1 Anlægstyper og brændsler

Afbrænding af fossile brændsler, såsom kul og olie, på kraft- og fjernvarmeværker giver anledning til en betydelig emission af tungmetaller. I nærværende afsnit er kraftværker defineret som anlæg, der producerer el eller el og varme, mens fjernvarmeværker kun producere varme. Emissionen af tungmetaller fra forbrændingsanlæg er bestemt af typen af det indfyret brændsel samt af typen af forbrændingsanlæg, herunder type af afsvovlingsanlæg.

Brændselsforbruget på henholdsvis kraftværker og fjernvarmeværker for 1990, 1995 og 1996 er givet i tabel 3.1 og illustreret i figur 3.1 og 3.2.



Figur 3.1. Brændselsforbruget på kraftværker.



Figur 3.2. Brændselsforbruget på fjernvarmeværker.

Af figurene ses det, at kul er det alt dominerende brændsel for kraftværkerne for alle årene og for 1996 efterfulgt af naturgas, orimulsion, fuelolie og affald. For alle de nævnte brændsler er der fra 1990 til 1996 sket en stigning i forbruget. For fjernvarmeværker er de mest anvendte brændselstyper affald, naturgas, træ og halm. Af figuren ses ligeledes at langt det største brændselsforbrug finder sted på kraftværkerne.

### 3.2 Afsvovlingsanlæg

En række protokoller under ECE-konventionen regulerer emissionerne af blandt andet SO<sub>2</sub>. I den nyeste svovlprotokol fra 1994 har Danmark forpligtiget sig til at reducere svovludslippet til 90.000 tons i år 2000, svarende til en reduktion på 80% i forhold til udslippet i 1980. Det har medført at der på en del af de store kraftværker er installeret afsvovlingsanlæg. I Danmark anvendes tre typer af afsvovlingsprocesser: 1) Semitør proces, hvor afsvovlingsproduktet er TASP (Tørt AfsvovlingsProdukt), 2) Våd proces, hvor afsvovlingsproduktet er gips og 3) SNOX proces, hvor afsvovlingsproduktet er svovlsyre. For alle tre processer gælder, at de udover at reducere indholdet af SO<sub>2</sub> i røggassen også reducerer indholdet af tungmetaller i røggassen i varierende grad.

Tabel 3.2. Mængden af kul og olie der bliver afbrændt på anlæg med afsvovlingsanlæg

		Kul, PJ	Olie, PJ	Orimulsion, PJ
<b>1990</b>	Semitør	32,81	0,246	0
	Våd	17,37	0,852	0
	SNOX	0	0	0
<b>1995</b>	Semitør	52,81	0,514	0
	Våd	57,74	1,971	19,91
	SNOX	9,48	0,164	0
<b>1996</b>	Semitør	69,1	0,701	0
	Våd	92,25	1,119	36,77
	SNOX	20,62	0,199	0

Som det fremgår af tabel 3.2, er der i perioden 1990 til 1996 sket en kraftig stigning i mængden af brændsler, der bliver afbrændt på anlæg med afsvovlingsanlæg.

Tabel 3.1. Brændselsforbrug på kraft- og fjernvarmeværker

PJ		Kul	Orimulsion	Petrokoks	Fuelolie og spildolie	Gas og dieselolie	Naturgas	Halm	Træ	Energi-afgrøder	Affald	Biogas
<b>1990</b>	Kraft og kraftvarme	230,42			8,00	0,30	6,54	0,48			0,30	0,24
	Fjernvarmeproduktion	6,02			2,01	1,94	11,03	3,52	3,22	0,74	14,71	0,03
<b>1995</b>	Kraft og kraftvarme	252,94	19,91	0,92	10,87	0,25	35,59	2,23	0,35		11,52	0,69
	Fjernvarmeproduktion	1,57			1,86	0,87	8,41	4,02	4,06	0,24	11,59	0,07
<b>1996</b>	Kraft og kraftvarme	357,42	36,77		15,79	0,21	49,44	3,43	0,34		14,18	0,83
	Fjernvarmeproduktion	0,59			2,21	1,65	6,53	4,23	4,47	0,06	9,68	0,16

### 3.3 Emissionsfaktorer

Kraftværkernes Miljøudvalg har udarbejdet en model til beregning af tungmetalemissionerne fra danske kraftværker byggende på massebalanceudtryk. Disse udtryk er baseret på målinger foretaget på tre danske kraftværker med tre forskellige typer af røggasrensningsanlæg (Thomassen, 1998). Modellen er udviklet til beregning af en lang række tungmetaller, hvoraf følgende er af relevans for de danske CORINAIR-opgørelser: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, og Se.

Thomassen (1998) gør opmærksom på at modelberegningerne er forbundet med store usikkerheder. Til beregning af usikkerheden er anvendt en metode kaldet fejllophobningsloven. Metoden består i at addere varianser for alle variable på en måde, hvor de vægtes efter deres følsomhed. De fundne spredninger for en kraftværksblok er i tabel 3.3 omregnet til et interval, der angiver at de faktiske emissioner med en sandsynlighed på 68% vil ligge inden for de angivne intervaller.

Tabel 3.3. Usikkerheder på tungmetalberegninger fra en kraftværksblok

<b>Kg</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Se</b>
<b>Beregnet emission ud af skorsten</b>	9,2	0,32	13,1	9,9	5,0	18,3	16,3	32,4
<b>Interval (værdi x spredningen)</b>	1,5-25,0	0,02-0,43	2,4-21,5	4,4-15,1	1,7-8,1	1,6-27,6	2,7-26,7	5,3-52,8

Beregninger og angivelser i det følgende er baseret på oplysninger fra Elkraft og Elsam (Thomassen, 1998). Det gennemsnitlige indhold af tungmetaller i kul og olie, der benyttes af både Elkraft og Elsam er angivet i tabel 3.4.

Tabel 3.4. Gennemsnitlige indhold af tungmetaller i kul og olie

<b>Tungmetallindhold (mg/GJ brændsel)</b>								
	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Se</b>
<b>Kul</b>	196,4	4,01	801,60	440,88	4,41	681,36	380,76	52,10
<b>Olie</b>	246,0	7,38	2,21	2,46	0,25	319,80	2,46	0,98

Tungmetallindholdet i kul viser stor variation i afhængighed af oprindelsesland, af miner og selv mindre variationer fra lag til lag i den enkelte mine. De ovenfor angivne gennemsnitsindhold gælder for de mest anvendte kultyper i Danmark.

For de danske kraftværker er der fundet, at for de flygtige tungmetaller Hg og Se udskilles henholdsvis ca. 50% og ca. 75% af indholdet i kul med slagger/flyveaske, mens udskillelsesprocenten for resten af tungmetallerne er ca. 99%. Udfra oplysninger i CORINAIR (1996) er udskillelsesprocenten estimeret til at ligge mellem 98-99%. For olie udskilles ca. 40% af tungmetallerne med asken, tabel 3.5.

Tabel 3.5. Andel der udskilles i elektrofilter

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se
<b>Kul</b>	0,984	0,976	0,99	0,99	0,5	0,99	0,984	0,75
<b>Olie</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Emissionsfaktorerne for tungmetallerne kan da beregnes for forskellige røgrensningsanlæg ud fra kendskab til tungmetalindholdet i brændslerne samt andel der fjernes i elektrofilter og afsvovlingsanlæg.

$$EMF = C \cdot (1 - f) \cdot (1 - k)$$

C = tungmetalindhold i kul eller olie [g/GJ]

f = andel der fjernes i elektrofilter

k = andel der fjernes i afsvovlingsanlæg

Tabel 3.6. Emissionsfaktorer efter elektrofilter

EMF, elektrofilter (mg/GJ)								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se
<b>Kul</b>	3,22	0,096	8,02	4,41	2,20	6,81	6,00	13,03
<b>Olie</b>	1,48	4,43	1,33	1,48	0,15	191,88	1,48	0,59

Af tabel 3.6 ses det at emissionsfaktorerne generelt er størst for kulforbrænding med undtagelse af emissionsfaktoren Ni, der er ca. 20 gange større ved olieforbrænding end ved kulforbrænding. Dette forhold vil ligeledes gælde for emissionen efter afsvovlingsanlæggene, da det er antaget at andelen af tungmetaller der udskilles fra kul- og olieforbrænding i afsvovlingsanlæggene er lige stor.

Tabel 3.7. Andel der udskilles i afsvovlingsanlæg ved kul- og olieforbrænding

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se
<b>Semitør</b>	0,91	0,21	0,46	0,42	0,5	0,52	0	0,99
<b>Våd</b>	0,65	0,35	0,5	0,49	0,44	0,28	0,55	0,67

I den semitøre proces udskilles mellem 0% til 99% af tungmetallerne i afsvovlingsanlægget med 0% for Pb og 99% for Se og i den våde proces udskilles mellem 28% og 67%. Dette giver generelt lavere emissionsfaktorer end ved anvendelse af den semitøre proces.

Ud fra emissionsfaktorerne i tabel 3.6 kan emissionsfaktorerne, efter elektrofilter og henholdsvis semitør og våd proces, beregnes for kul og olie, tabel 3.8 og 3.9.

Tabel 3.8. Emssionsfaktorer efter elektrofilter og afsvovlingsanlæg for kul

EMF, elektrofilter + røggasrensning (mg/GJ)								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se
<b>Semitør</b>	0,30	0,076	4,33	2,56	1,10	3,27	6,00	0,13
<b>Våd</b>	1,13	0,063	4,01	2,25	1,23	4,91	2,70	4,30

Tabel 3.9. Emssionsfaktorer efter elektrofilter og afsvovlingsanlæg for olie

EMF, elektrofilter + røggasrensning(mg/GJ)								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se
<b>Semitør</b>	0,13	3,50	0,72	0,86	0,074	92,10	1,48	0,006
<b>Våd</b>	0,52	2,88	0,66	0,75	0,083	138,16	0,66	0,19

Emissionsfaktorerne fra SNOX-anlæg er kun estimerede for kul, og disse er generelt lavere eller på samme niveau som emissionsfaktorerne fra våd proces.

Tabel 3.10. Andel der udskilles med røggassen fra SNOX-anlæg

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se
<b>Kul</b>	0,0002	0,009	0,001	0,0007	0,95	0,003	0,005	0,001

Tabel 3.11. Emssionsfaktorer efter SNOX-anlæg

EMF, SNOX-anlæg, (mg/GJ)								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se
<b>Kul</b>	0,039	17,68	0,80	0,31	4,19	2,04	1,90	0,052

## 4 Kraft- og fjernvarmeværker - affald

Emissionsfaktorerne for danske affaldsforbrændingsanlæg er fastlagt ud fra emissionsmålinger udført af dk-TEKNIK i perioden 1986 - 1998. Indeholdt i denne gruppe er de traditionelle anlæg til forbrænding af husholdnings- og industriaffald. Anlæg til forbrænding af specialaffald, f.eks. farligt affald (Kommune Kemi) og sygehusaffald er ikke medtaget.

### 4.1 Affaldsforbrændingsanlæg

Siden midten af 70'erne er der sket en gennemgribende regulering af affaldsområdet i form af lovgivning og handlingsplaner. I 1986 udsendte Miljøstyrelsen sin første vejledning om begrænsning af forurening fra affaldsforbrændingsanlæg (Miljøstyrelsen, 1986). I 1989 blev der vedtaget to EF-direktiver for affaldsforbrænding, et for eksisterende anlæg (EEC, 1989b) og et for nye (EEC, 1989a). Miljøstyrelsen reviderede vejledningen bl.a. i henhold til disse to direktiver og i 1993 blev vejledningen "Begrænsning af forurening fra forbrændingsanlæg" udsendt (Miljøstyrelsen 1993). Kravene i denne nye vejledning blev skærpet i 1997, hvor bekendtgørelsen om affaldsforbrændingsanlæg blev udsendt (Miljø- og Energiministeriet, 1997). Sluttelig har EU-kommissionen i år udsendt et udkast til nyt direktiv for forbrænding af affald til høring. Direktivet forventes vedtaget af parlamentet i løbet af 1999. Generelt har der for hvert nyt tiltag fundet en stramning sted i de maksimalt tilladelige emissioner via røggassen fra affaldsforbrændingsanlæg. Endvidere er gruppen af tungmetaller, der stilles krav til efterhånden udvidet til i alt 13 i det nye direktiv.

Det affald der i dag forbrændes består hovedsagelig af dagrenovation samt storskrald og affaldet stammer primært fra husholdninger, institutioner samt handels- og kontorvirksomheder (Videncenter for Affald- og Genanvendelse, 1997).

I perioden fra ca. 1988 - 1998 er der sket en omfattende reovering af de danske affaldsforbrændingsanlæg (Geertinger og Cramer, 1999, ISWA, 1994; 1997). En række anlæg eller ovnlinjer er blevet nedlagt og de resterende er blevet udstyret med ny røggasrensningudstyr som konsekvens af de skærpede krav til emissionerne. De første emissionskrav regulerede sig om udslippet af støv fra anlæggene. Senere blev kravene udvidet til også at omfatte bl.a. sure gasser (HCl, SO<sub>2</sub> og HF) og tungmetaller. Parallelt med indførslen af grænseværdier for emissionerne er der også blevet indført krav til driften af anlægget (luftoverskud, temperaturer forskellige steder i anlægget, CO-emission etc.).

I Danmark findes to typer forbrændingsanlæg: ovne med bevægelig rist og ovne med bevægelig rist efterfulgt af en roterovn. Den førstnævnte type er den mest almindelige, mens den sidstnævnte type kun er installeret på meget store ovnlinjer. Affaldet forbrændes i princippet via tre trin: tørring og opvarmning, forgas-



ning/kulstofforbrænding og udbrænding af koksresten. Når røggassen forlader sidste trin i ovnen er den opvarmet til ca. 900 - 1000°C. Herefter passerer røggassen igennem kedlen, hvor varmeindholdet i røggassen udnyttes. Såfremt anlægget er udstyret med en turbine til elproduktion dannes damp i kedlen til denne proces. Varmeindholdet omsættes altid til varmt vand til produktion af fjernvarme. I 1997 producerede mere end 30% af alle ovnlinjer el og fjernvarme (Geertinger og Cramer, 1999). Efter kedlen er røggassen afkølet til ca. 150 - 200 °C, og den renses for uønskede komponenter, før den udledes til atmosfæren. Ved forbrændingsprocessen reduceres affaldsmængden betydeligt (ca. 20% af den oprindelige mængde), og restproduktet fra forbrændingen fordeles sig i mellem de to udadgående strømme: slagge (primært ubrændbart) og røggas (gasser og finkornede partikler). Ved forbrændingen vil en række metaller og metalforbindelser på grund af de høje temperaturer overgå til dampform. Afhængig af forholdene under forbrændingsprocessen vil de med affaldet tilførte metaller fordele sig mellem disse to strømme (Dalager & Blinksbjerg, 1994).

Undersøgelser af hvorledes de enkelte metaller opfører sig tyder på, at metallerne Cu, Ni, Cr og Mn primært genfindes i slaggen, at Zn og Pb fortrinsvis genfindes i slaggen, As fordeles sig ligeligt mellem slagge og røggas samt at Cd og Hg primært findes i røggassen.

Før kedlen indeholder røggassen gasformige forbrændingsprodukter samt flyveaske (finkornet materiale). Gennem passagen i kedlen afkøles røggassen og nogle af gassens bestanddele vil udkondensere på bl.a. flyvasken eller kemiske reaktioner vil forløbe (f.eks. kan HCl reagere med visse metaller). I den afkølede røggas efter kedel vil de fleste metaller kunne findes såvel på gasform som bundet til partikler.

## 4.2 Røgrensningsanlæg

Som nævnt omfattede de første miljøkrav til forbrændingsanlæggene kun de tilladelige emissioner af støv, også kaldet partikler. Røggassens indhold af partikler fjernes traditionelt vha. følgende teknikker:

- cyklon
- elektrofilter
- posefilter

hvor rækkefølgen angiver stigende rensningseffektivitet samt i hvilken rækkefølge disse teknologier er taget i brug. I posefiltre er det muligt at fjerne op til 99% af partikelindholdet. Høje rensningsgrader medfører naturligvis en høj reduktion af de partikelbårne metaller.

Det næste miljøkrav fra myndighedernes side til emissionerne omfattede rensning for de sure gasser SO<sub>2</sub>, HCl og HF. Til rensningen anvendes følgende teknikker (se f.eks. Hjelmar et al., 1990):

- Tør proces - pulverformigt hydratkalk,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , indblæses i røggassen efter kedlen ved 120 - 220 °C. Røggassen renses efterfølgende for partikler og reaktionsprodukt.
- Semitør proces - en vandig opløsning af hydratkalk forstøves i røggassen efter kedlen. Vandindholdet fordamper og der dannes et tørt reaktionsprodukt. Efter processen er røggassen afkølet til ca. 120 - 140 °C, og røggassen renses for partikler og reaktionsprodukt.
- Våd proces - partiklerne udskilles først. Dernæst afkøles røggassen til ca. 60 °C, hvorefter den vaskes med det stærkt sure kondensat, der dannes ved afkølingen, eller med tilført vand. Ved denne vask fjernes HCl og HF. Fjernelse af væsentlige mængder af  $\text{SO}_2$  kræver yderligere et vasketrin med alkalisk eller neutralt vaskevand. Før røggassen udledes til atmosfæren opvarmes den til ca. 100 °C.

Rensningen af røggassen for partikler og sure gasser medfører en reduktion i emissionen af metallerne. Teknikkerne til reduktion af disse parametre kan kombineres på forskellig vis med forskellige rensningsgrader til følge. I tabel 4.1 samt tabel 4.2 er anført, hvorledes de danske affaldsforbrændingsanlæg var udrustet i ca. 1990 samt i 1996. Det er endvidere oplyst, hvorvidt de alene producerer fjernvarme eller en kombination af el og fjernvarme, kapaciteten (ved nominal belastning) samt de forbrændte affaldsmængder.

Tabel 4.1. Danske affaldsforbrændingsanlæg i 1989/1990

1989/1990	Antal linjer	Samlet kapacitet	Samlet affaldsmængde	Affaldsmængde til fjernvarmeproduktion	Affaldsmængde til el- og fjernvarmeproduktion
Teknik		tons/time	tons/år	tons/år	tons/år
CYK	7	18,5	58.500	58.500	0
ESP	46	227,9	1.352.260	1.244.260	108.000
FB	2	10,7	25.000	25.000	0
DRY+ESP	2	7	52.000	52.000	0
DRY+FB	7	18	104.900	104.900	0
ESP+DRY+FB	0	0	0	0	0
SD+ESP	0	0	0	0	0
SD+FB	4	29	174.430	148.430	26.000
WET	1	3	6.000	6.000	0
CYK+WET	1	4	6.000	6.000	0
ESP+WET	1	4	30.700	30.700	0
FB+WET	0	0	0	0	0
ESP+WET+FB	0	0	0	0	0
I alt	71	322,1	1.809.790	1.675.790	134.000

CYK: Cyklon

ESP: Elektrofilter

FB: Posefilter

DRY: Tør proces

SD: Semitør proces

WET: Våd proces

Tabel 4.2. Danske affaldsforbrændingsanlæg i 1995/1996

1995/1996	Antal linjer	Samlet kapacitet	Samlet affaldsmængde	Affaldsmængde til fjernvarmeproduktion	Affaldsmængde til el- og fjernvarmeproduktion
Teknik		tons/time	tons/år	tons/år	tons/år
CYK	0	0	0	0	0
ESP	2	6	49.000	49.000	0
FB	0	0	0	0	0
DRY+ESP	5	17	101.168	101.168	0
DRY+FB	10	32,3	248.158	136.400	111.758
ESP+DRY+FB	1	2	10.789	10.789	0
SD+ESP	4	35	181.500	128.500	53.000
SD+FB	11	80,5	540.152	183.002	357.150
WET	0	0	0	0	0
CYK+WET	0	0	0	0	0
ESP+WET	26	165,1	1.007.595	457.076	550.519
FB+WET	2	9	70.000	0	70.000
ESP+WET+FB	2	16	68.400	0	68.400
I alt	63	363	2.276.762	1.065.935	1.210.827

CYK: Cyklon

ESP: Elektrofilter

FB: Posefilter

DRY: Tør proces

SD: Semitør proces

WET: Våd proces

Af tabel 4.1 og tabel 4.2 fremgår det, at der i perioden ca. 1990 til ca. 1996 er sket en stigning på omkring 25% i mængden af affald, der forbrændes. I den samme periode er antallet af ovnlinjer reduceret med ca. 10% og gennemsnitsstørrelsen eller kapaciteten er steget. Der er også sket en kraftig udvikling i anvendelsen af røggasrensningsteknikkerne, og over 50% af affaldet blev i 1996 anvendt til samproduktion af el og fjernvarme mod under 10% i 1990.

Affaldsforbrændingsanlæg der alene fremstiller varmt vand til fjernvarmeforsyning hører til under SNAP-kode 0102, mens anlæg der samproducerer el og fjernvarme hører til under SNAP-kode 0101.

### 4.3 Emissionsfaktorer

I forbindelse med manuelle stikprøvemålinger på affaldsforbrændingsanlæg rapporteres emissionerne af bl.a. støv og metaller ved reference tilstanden, der er defineret som indholdet i gram af det pågældende stof per m<sup>3</sup> tør røggas med et iltindhold på 11%; også angivet som g/m<sup>3</sup>(n,t), 11% O<sub>2</sub>.

Omsætningen mellem forbrændt mængde affald og produceret mængde røggas kan på basis af et meget stort antal målinger fastsættes til at 1 tons affald resulterer i 5500 m<sup>3</sup>(n,t) røggas ved 11% O<sub>2</sub>. Dette tal anvendes i forbindelse med fastsættelse af emissionsfaktorerne for de enkelte anlægstyper. I tabel 4.3 er der for 1990 og 1996 oplyst de forbrændte affaldsmængder for hver anlægstype.

Tabel 4.3. Affaldsomsætning på danske affaldsforbrændingsanlæg i 1989/1990 samt 1995/1996 angivet som afbrændt tons affald per år

Teknik	1989/1990		1995/1996	
	Varmeproduktion	Varme + elproduktion	Varmeproduktion	Varme + elproduktion
	10 <sup>3</sup> tons per år	10 <sup>3</sup> tons per år	10 <sup>3</sup> tons per år	10 <sup>3</sup> tons per år
CYK	58,5	0	0	0
ESP	1.244,3	108,0	49,0	0
FB	25,0	0	0	0
DRY+ESP	52,0	0	101,2	0
DRY+FB	104,9	0	136,4	111,8
ESP+DRY+FB	0	0	10,8	0
SD+ESP	0	0	128,5	53
SD+FB	148,4	26,0	183,0	357,2
WET	6,0	0	0	0
CYK+WET	6,0	0	0	0
ESP+WET	30,7	0	457,1	550,5
FB+WET	0	0	0	70,0
ESP+WET+FB	0	0	0	68,4
I alt	1.675,8	134,0	1.066,0	1.210,9

CYK: Cyklon

ESP: Elektrofilter

FB: Posefilter

DRY: Tør proces

SD: Semitør proces

WET: Våd proces

På basis af målinger udført af dk-TEKNIK er tungmetalemissionsfaktorerne beregnet for de anlægstyper, der er udført målinger på. Emissionsfaktorerne for 1990 er baseret på målinger udført i perioden 1987 - 1991, og tilsvarende bygger faktorerne for 1996 fra målinger udført i perioden 1994 - 1998.

For hvert metal er middelværdien af disse målinger beregnet tillige med standardafvigelsen (bilag 1). For enkelte anlægstyper er datagrundlaget meget lille, dvs. under 5 målinger, hvorimod de anlægstyper, der udgør den største andel i Danmark er baseret på ca. 20 - 40 målinger, der igen er middeltal af minimum 2 delmålinger.

For de fleste måleresultater gælder det, at det fundne tungmetal indhold er oplyst som den pågældende analysemetodes detektionsgrænse, idet indholdet af det pågældende metal er fundet til at være under denne værdi. De anførte emissionsfaktorer er derfor rimeligvis større end de reelle emissionsfaktorer. Hvor meget større kan der ikke gives noget endeligt tal for, men detektionsgrænsen er fastlagt som to gange standardafvigelsen beregnet for en række analyser (ca. 5 styk) af blindprøver.

Tabel 4.5. Emissionsfaktorer for danske affaldsforbrændingsanlæg i 1989/1990 i enheden gram per tons affald

1989/1990 Teknik	As gram pr tons	Cd gram pr tons	Cr gram pr tons	Cu gram pr tons	Ni gram pr tons	Pb gram pr tons	Hg gram pr tons	Zn gram pr tons	Mn gram pr tons
CYK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP	0,07	0,3	1,7	1,1	1,7	7,2	1,1	-	0,4
FB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DRY+ESP	-	0,02	-	-	-	5,5	1,1	-	-
DRY+FB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP+DRY+FB									
SD+ESP									
SD+FB	-	0,1	-	-	-	1,1	1,7	-	-
WET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYK+WET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP+WET	0,025	0,08	1,1	-	1,1	2,2	0,08	-	-
FB+WET									
ESP+WET+FB									

CYK: Cyklon

ESP: Elektrofilter

FB: Posefilter

DRY: Tør proces

SD: Semitør proces

WET: Våd proces

-: oplysning mangler

Tabel 4.6. Emissionsfaktorer for danske affaldsforbrændingsanlæg i 1995/1996 i enheden gram per tons affald

1995/1996 Teknik	As gram pr tons	Cd gram pr tons	Cr gram pr tons	Cu gram pr tons	Ni gram pr tons	Pb gram pr tons	Hg gram pr tons	Zn gram pr tons	Mn gram pr tons
CYK									
ESP	1,1	0,6	1,7	9,9	1,1	1,1	0,4	-	9,9
FB									
DRY+ESP	0,03	0,17	0,4	0,8	1,1	2,2	0,22	6,6	0,6
DRY+FB	0,01	0,05	0,2	0,2	0,5	0,6	0,6	-	0,2
ESP+DRY+FB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+ESP	0,01	0,07	0,5	-	0,7	0,7	0,6	2,2	-
SD+FB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WET									
CYK+WET									
ESP+WET	0,05	0,1	0,3	0,3	0,5	1,7	0,1	-	0,2
FB+WET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP+WET+FB	0,003	0,01	0,1	0,08	0,2	0,2	0,006	-	0,1

CYK: Cyklon

ESP: Elektrofilter

FB: Posefilter

DRY: Tør proces

SD: Semitør proces

WET: Våd proces

-: oplysning mangler

For enkelte anlægstyper er der, i følge de ovenstående tabeller, sket en stigning i udledningen af de undersøgte metaller fra 1990 til 1996 regnet per ton forbrændt affald. Dette forhold stemmer ikke overens med de forventninger man måtte have, samt de tiltag der er gennemført i perioden. Affaldssortering samt indsamling af særligt forurenende affaldstyper er intensiveret, såsom batterier, maling, metal og isenkram (biler, køleskabe, fjernsyn, elektronisk udstyr etc.). Den øgede udledning må derfor nærmere tilskrives den statistiske usikkerhed i datamaterialet grundet et beskedent antal målinger sidst i 80'erne samt i starten af 90'erne, jævnfør bilag 1.

For at kompensere for denne mangel på data er det besluttet, at beregne fælles emissionsfaktorer for de to årstal vægtes i forhold til datamaterialets beskaffenhed. De emissionsfaktorer, der anvendes til beregningen af tungmetalemissioner i 1990 og 1997 fremgår af tabel 4.7.

Tabel 4.7. Emissionsfaktorer for danske affaldsforbrændingsanlæg i enheden gram per tons affald

	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Mn
Teknik	gram pr tons	gram pr tons	gram pr tons	gram pr tons	gram pr tons	gram pr tons	gram pr tons	gram pr tons	gram pr tons
CYK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP	0,07	0,3	1,7	1,1	1,7	7,2	1,1	-	0,4
FB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DRY+ESP	0,03	0,17	0,4	0,8	1,1	2,2	0,22	6,6	0,6
DRY+FB	0,01	0,05	0,2	0,2	0,5	0,6	0,6	-	0,2
ESP+DRY+FB	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SD+ESP	0,01	0,07	0,5	-	0,7	0,7	0,6	2,2	-
SD+FB	-	0,1	-	-	-	1,1	1,7	-	-
WET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYK+WET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP+WET	0,05	0,1	0,3	0,3	0,5	1,7	0,1	-	0,2
FB+WET	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESP+WET+FB	0,003	0,01	0,1	0,08	0,2	0,2	0,006	-	0,1

CYK: Cyklon

DRY: Tør proces

ESP: Elektrofilter

SD: Semitør proces

-: oplysning mangler

FB: Posefilter

WET: Våd proces

## 5 Jern- og metalstøberier

Inden for jern- og metalstøberier findes der i Danmark følgende typer af virksomheder, som udnytter primære og sekundære råvarer:

- jernstøberier
- metalstøberier
- stålværk(er)
- skrot-/genvindingsvirksomheder (kabler/akkumulatorer mv.)

Oplysninger om den årlige produktion for de forskellige typer af virksomheder er baseret dels på oplysninger fra Danske Støberiers Branche forening dels på informationer fra de enkelte virksomheder.

*Stålværker* og til en vis grad *jernstøberier* modtager jernskrot fra forskellige kilder til videre forarbejdning. De kan således kun indirekte styre deres råvarers kvalitet ved at stille krav til mellemhandlere og affaldsproducenter. De tilsætter selv eventuelt visse tungmetaller som legeringsmateriale. Tungmetaller, der forekommer i skrottet, er ofte uønskede i produkterne pga. kvalitetskrav, og kan tillige give problemer med emissioner under forarbejdningen. På grund af jernskrots varierende sammensætning og inhomogenitet findes der ikke målinger af tungmetalindholdet.

*Metalstøberier* anvender hovedsageligt primære råvarer (rene metaller eller legeringer) eller raffinerede sekundære råvarer, men kan også forarbejde skrot i meget rene fraktioner. Af de anvendte legeringer er især rødgoodslegeringer relevant i forhold til kortlægning af tungmetalemissioner, idet bly indgår som legeringsmateriale.

Skrot- og genvindingsvirksomheder bearbejder dels blandet metal og dels bestemte metaller, der forekommer sammen med f.eks. plast og eller andre materialer (f.eks. kabler). Afhængig af de anvendte processer - herunder findelingsprocesser og smelteprocesser - vil der være emission af tungmetaller.

### 5.1 Jernstøberier

Der findes ca. 20 jernstøberier i Danmark, hvoraf de tre største støberier producerer mere end 85% af den samlede produktion. Jernstøberierne er alle sandstøberier, og de anvender dels råjern dels skrot som råvarer.

Produktionsstatistik for medlemmer af Danske Støberiers Branche forening i perioden 1990 - 1997 er vist i tabel 5.1.

Tabel 5.1. Produktionsstatistik for Danske Støberiers Brancheformings medlemmer (jernstøberier) (Rytlander, 1998). Produktionen er opgjort i tons:

	1990	1991	1992	1993	1994 <sup>1</sup>	1995	1996	1997
<b>Jernstøberier /antal</b>				13				
<b>Alm. Støbejern (- SG-jern)</b>	71.873	53.633	59.132	43.277	45.000	62.398	51.099	55.019
<b>SG-jern</b>	25.278	22.811	23.523	22.298	25.000	31.653	23.285	30.279
<b>Stålstøbegods</b>	100	133	125	159	170	144	75	69
<b>I alt (jernstøberier)</b>	97.251	76.577	82.780	65.734	70.170	94.195	74.459	85.369

1. Produktionsmængderne for 1994 er skønnede af Brancheformingen.

Brancheformingen har skønnet antallet af støberier uden for brancheformingen i 1993 til at være 6 jernstøberier med en produktion på 5000- 6000 tons. Antallet af beskæftigede i støberierne varierer fra under 5 medarbejdere til over 500 medarbejdere. Ca. 30 af virksomhederne har mere end 20 ansatte.

Den samlede produktion på jernstøberier kan opgøres til 70 - 72.000 tons for 1993. Under forudsætning af, at produktionen på jernstøberier uden for brancheformingen i 1997 er af samme størrelsesorden som i 1993, kan den årlige produktion i 1997 estimeres til 90 - 95.000 tons støbejern.

En del af produktionen foregår på deciderede støberier, mens den resterende del foregår i tilknytning til anden produktion.

Jernstøberierne, som er medlemmer af brancheformingen, bruger primært net- eller mellemfrekvens induktionsovne med en enkelt undtagelse, idet ét enkelt støberi bruger koksfyrede kupolovne (Ravn *et al.*, 1994). Jern og stål forarbejdes/smelttes ved 1400 - 1600 °C. Herudover anvendes der elopvarmede varmholdningsovne. Ravn *et al.* (1994) har opgjort jern- og metalstøberiers fordeling af energiforbruget på energikilder til:

- el  $\approx$  200.000 MWh/år
- gas  $\approx$  1.6 mio. m<sup>3</sup>/år  $\approx$  17.440 MWh/år
- olie  $\approx$  3000 tons/år  $\approx$  33.600 MWh/år
- koks  $\approx$  600 tons/år  $\approx$  4820 MWh/år

Under forudsætning af at brændslerne bruges til direkte varmeproduktion er forbruget omregnet til MWh/år for at kunne sammenligne med elforbruget.

Tendensen inden for støberierne er som følge af regulering via miljøgodkendelser overgang fra oliefyrede ovne til naturgasfyrede ovne eller net- eller mellemfrekvens induktionsovne. I nogle tilfælde anvendes en kombination af el og brændsel, således at el anvendes ved smeltning og andet brændsel anvendes til varmholdning eller til reserveovn.



I henhold til CORINAIR nomenklaturen kategoriseres jernstøberierne under SNAP-koden 03 03 03 for de eldrevne støberier og de gas, olie- og koksfyrede støberier.

*Jernstøberierne* producerer bl.a.: cylinderhuse, gearkasser, pumpehuse, kompressorhuse, krumtapper, remskiver, topstykker, differentialhuse, aksler, valser, kloakgods, maskinfundamenter og stativer, køkkenudstyr, brændeovne samt diverse maskinkomponenter mm.

Jernstøberierne er karakteriseret ved at have et "sammensat" produktionsapparat, som typisk har udviklet sig ved knopskydning efterhånden som nye processer er taget i anvendelse. Det betyder bl.a., at støberier kan have ét til flere luftafkast. Ved systematisk gennemgang af de enkelte virksomheder, f.eks. i forbindelse med ansøgning om miljøgodkendelse, vil det være muligt at udpege de luftafkast, hvor der kan forekomme emissioner af tungmetaller. Det er typisk luftafkast fra smelteovne, støbehaller o. lign.

Luftafkast med høje støv- og evt. tungmetalbelastninger, forsynes med rensningsforanstaltninger til nedbringelse af støvemissionen. Idet tungmetalemissionen fra støberier primært er partikelbundet vil en reduktion af støvemissionen medføre en tilsvarende reduktion af tungmetaller. Eksempler på emissioner fra jernstøberier ses i tabel 5.2.

Tabel 5.2. Eksempler på emission fra jernstøberier (Nordjyllands Amt, 1996b; Ringkjøbing Amt, 1988; 1989; Enni, 1999)

Støberi	Afkast	Luftflow m <sup>3</sup> (n,t)/time	Støv <sup>2</sup> mg/m <sup>3</sup>	Cd mg/m <sup>3</sup>	Pb mg/m <sup>3</sup>
A, 1995	U27	69.840	1,2	< 0,007	< 0,06
	U30	5.560	2,6	0,0027	0,203
	U31 <sup>1</sup> ,U32, U34 <sup>1</sup>	21.240	3,6	< 0,0008	0,06
	U33	29.880	5,6	< 0,0011	0,05
C, 1993	ikke oplyst	7.900	4,2	im	0,55
Da, 1996	U-2290	13.320	< 5,7	im	< 0,081
	U-2291	46.080	< 12,9	im	< 0,183
Db, 1994	U 62-1	69.120	< 0,3	im	< 0,12

1. Totalt flow for de tre afkast. Koncentrationsmålinger er kun foretaget på U32.
2. Den opgjorte støvemission hidrører kun fra de afkast, hvor der er målt tungmetaller.

På grundlag af luftflowet og emissionerne pr m<sup>3</sup> fra afkastene kan støv- og tungmetalflovet pr. time beregnes. Eksemplet fra tabel 5.2 er videreført i tabel 5.3.

Tabel 5.3. Eksempel på emissionsflow af tungmetaller fra jernstøberier

Støberi		Støv <sup>2</sup> g/time	Cd g/time	Pb g/time
A, 1995	6 afkast	342	0,55	8,2
B, 1988	Smelteri, støbehal	12564	-	27
B', e. 89	Smelteri, støbehal	6780	-	17
Da, 1996	2 afkast	669	im	9,5
Db, 1994	Smelteri	8,3	im	0,43

1. Informationerne om emissionen er baseret på virksomhedens miljøgodkendelse, hvor der samtidig er krav til støvemissionen for de to afkast (ca 10% reduktion af emissionen fra den ene kilde og ca. 60% reduktion fra den anden kilde. Forudsat emissionen af Pb er knyttet til støvemissionen kan den samme reduktion forventes for Pb.
2. Den opgjorte støvemission hidrører kun fra de afkast, hvor der er målt tungmetaller.

På grundlag af oplysninger fra to støberier, som dækker ca. 75% af den samlede danske produktion af jernstøbegods kan emissionsfaktorer for Pb og Cd beregnes, se tabel 5.4.

Tabel 5.4. Emissionsfaktorer for produktion af jernstøbegods

Støberi		Støv <sup>2</sup> g/tons	Cd g/tons	Pb g/tons
A, 1995	6 afkast	193	0,3	4,7
B, 1988	Smelteri, støbehal	1206	-	2,6
B', e. 89	Smelteri, støbehal	650	-	1,6
Da, 1996	2 afkast	365	-	5,2
Db, 1994	Smelteri	13	-	0,65

1. Informationerne om emissionen er baseret på virksomhedens miljøgodkendelse, hvor der samtidig er krav til støvemissionen for de to afkast (ca. 10% reduktion af emissionen fra den ene kilde og ca. 60% reduktion fra den anden kilde. Forudsat emissionen af bly er knyttet til støvemissionen kan den samme reduktion forventes for bly.
2. Den opgjorte støvemission hidrører kun fra de afkast, hvor der er målt tungmetaller.

På grundlag af de foreliggende informationer skønnes emissionen af tungmetaller fra jernstøberier at være:

- Pb: 0,7 - 5,0 g/tons
- Cd: 0,3 g/tons

Emissionsfaktoren for cadmium er kun baseret på oplysninger fra et enkelt anlæg, som dækker ca. 10% af den samlede produktion af jernstøbegods i Danmark, og den må derfor betragtes som usikker.

## 5.2 Metalstøberier

Der findes ca. 50 metalstøberier i Danmark. Produktionsstatistik for medlemmer af Danske Støberiers Brancheforening i perioden 1990 - 1997 er vist i tabel 5.5.

Tabel 5.5. Produktionsstatistik for Danske Støberiers Brancheforenings medlemmer (metalstøberier) (Rytlander, 1998). Produktionen er opgjort i tons

	1990	1991	1992	1993	1994 <sup>1</sup>	1995	1996	1997
<b>Metalstøberier /antal</b>				12				
<b>Aluminiumslegeringer</b>	-	389	1.544	1.471	1.500	1.696	2.111	2.003
<b>Rødgodslegeringer</b>	-	895	917	810	900	1.499	1.303	1.532
<b>Zink</b>	-	-	-	-	-	23	-	-
<b>I alt (metalstøberier)</b>	-	1.284	2.461	2.281	2.400	3.491	3.414	3.535

Produktionsmængderne for 1994 er skønnet af Brancheforeningen.

Brancheforeningen har skønnet antallet af støberier uden for brancheforeningen i 1993 til ca. 40 metalstøberier med en produktion på ca. 6000 tons fordelt på ca. 2000 tons aluminiumlegeringer, ca. 3000 tons kobberlegeringer og ca. 1000 tons zinklegeringer.

Den samlede produktion på metalstøberier kan således opgøres til 8000 - 9000 tons for 1993. Under forudsætning af, at produktionen på metalstøberierne uden for brancheforeningen i 1997 er af samme størrelsesorden som i 1993 kan den årlige produktion i 1997 estimeres til 9000 - 10.000 tons

En del af produktionen foregår på deciderede støberier, mens den resterende del foregår i tilknytning til anden produktion.

Metalstøberierne omfatter en række forskellige mere eller mindre specialiserede støberier, der arbejder med følgende materialer:

- kobberlegeringer, herunder rødgods
- aluminium og aluminiumslegeringer
- zink og zinklegeringer

Metalstøberier producerer bl.a.: pumpehuse, pumpehjul, ventiler, motor- og maskinhuse, skærme, beslag, skibsskruer- og ventiler, lamper, topstykker, udstødningsmanifolder, dele til husholdningsmaskiner, pyntegenstande mm.

Metalstøberierne arbejder ved temperaturer mellem 450 og 1200 °C, hvor zinklegeringer forarbejdes ved den laveste og kobberlegeringer ved den højeste temperatur. Metalstøberierne anvender til såvel smeltning som varmholdning induktionsovne, modstandsovne samt gas- og oliefyrede digelovne (Ravn *et al.*, 1994). I CORINAIR nomenklaturen kategoriseres metalstøberierne under SNAP-kode 04 03 06.

Især messing- og rødgodsstøberier er relevante for kortlægningen. Messing er kobber/zinklegeringer, der kan indeholde op til 2% Pb og rødgods er kobber/tin/blylegeringer, der kan indeholde op til 5% bly. Eksempler på emissioner fra metalstøberier ses i tabel 5.6.

Tabel 5.6. Emission af tungmetaller fra metalstøberier (Københavns Amt, 1993; 1996; Miljø-Kemi, 1998; Hansen, 1999)

Støberi	Afkast	Luftflow m <sup>3</sup> (n,t)/time	Støv mg/m <sup>3</sup>	Cd mg/m <sup>3</sup>	Cu mg/m <sup>3</sup>	Ni mg/m <sup>3</sup>	Pb mg/m <sup>3</sup>	Sn mg/m <sup>3</sup>	Zn mg/m <sup>3</sup>
A, 1996	vådvasker	3.700	2		< 0,5	< 0,2	< 0,2	< 0,8	
	støberi	7.900	3		< 0,07	< 0,1	< 0,2	< 0,5	
B, 1993	total, beregnet		0,82	0,015	0,06		0,53		3,6
1998	1. elovn + slibekabine	7.700		< 0,001	0,008		< 0,01		< 0,01
	4 drejebænke	2.100		< 0,001	0,008		< 0,01		< 0,02
	7. smelte-/aluovn, oliefyret	3.800		< 0,002	0,050		0,091		0,85
C, 1994	total, beregnet	-	46	-	2,7	-	4,1	1,3	36,8

1. Ingen oplysninger om produktionen.
2. Rødgodsstøberi, årlig produktion max. 70 tons rødgods, hvor råvarerne fordeler sig på 59,5 tons Cu, 3,5 tons Pb, 3,5 tons Sn, 3,5 tons Zn.
3. Rødgodsstøberi, årlig produktion max. 100 tons rødgods, hvor råvarerne fordeler sig på 81-89 tons Cu, 2-4 tons Pb, 5-13 tons Sn, 0-4 tons Zn.

På grundlag af luftflowet og emissionerne pr m<sup>3</sup> fra afkastene kan støv- og tungmetalloflowet pr. time beregnes. Eksemplet fra tabel 5.6 er videreført i tabel 5.7.

Tabel 5.7. Emission af tungmetaller fra metalstøberier opgjort som flow

Støberi		Støv g/time	Cd g/time	Cu g/time	Ni g/time	Pb g/time	Sn g/time	Zn g/time
B, 1993	total, beregnet	6,56	0,12	0,48		4,24		28,8
C, 1994	total, beregnet			6,3		4,9	1,5	41,6

På grundlag af oplysninger fra tre støberier (B, C og D), som dækker ca. 15% af den samlede danske produktion af metalstøbegods, kan der beregnes emissionsfaktorer for en række tungmetaller, se tabel 5.8.

Tabel 5.8. Emissionsfaktorer for produktion af metalstøbegods

Støberi		Støv g/tons	Cd g/tons	Cu g/tons	Ni g/tons	Pb g/tons	Sn g/tons	Zn g/tons
B, 1993	total		0,7	3		25		173
C, 1994	total	-		16		12	4	103
D, 1997	total	-	-	3	-	6	-	-

D. Sandstøbning af bronze og stål.

På grundlag af de foreliggende informationer skønnes emissionen af tungmetaller fra metalstøberier, som forarbejder rødgods, at være:

- Pb: 5 - 25 g/tons
- Cd: < 1 g/tons

- Cu: 5 - 15 g/tons
- Zn: 100 - 175 g/tons

Emissionsfaktorerne dækker ikke metalstøberier, der forarbejder Zn og zinklegeringer.

### 5.3 Stålværker

Der findes ét stålværk i Danmark, og det er opbygget med tre produktionsafsnit (divisioner):

1. Elektrostålværket fremstiller slabs og knipler til brug på pladestålværket og stangstålværket
2. Pladestålværket fremstiller forskellige former for plader ud fra slabs
3. Stangstålværket fremstiller forskellige former for stænger ud fra knipler

Beskrivelsen af produktionen på stålværket og de hermed forbundne emissioner er dels baseret på grønne regnskaber (Stålvalseværket, 1992; 1994; 1995; 1996; 1997) og dels på direkte kontakt til virksomheden (Mikkelsen, 1998; 1999).

De forskellige ovne drives med el eller naturgas, og det årlige energiforbrug for f.eks. 1997 er oplyst til 514.206 MWh og  $49 \times 10^6$  Nm<sup>3</sup> naturgas. Elforbruget fordeler sig med knap 90% til elektrostålværket og 6,6% henholdsvis 4,4% til pladestålværket og stangstålværket, mens forbruget af naturgas primært går til pladestålværket og stangstålværket (Stålvalseværket, 1997). Det Danske Stålvalseværk kategoriseres under SNAP-kode 04 02 07 i CORINAIR.

De tre produktionsafsnit er placeret i separate bygninger hver med 10 - 15 luftafkast. De væsentlige luftafkast er forsynede med posefiltre.

Råmaterialerne er primært skrot fra såvel danske som udenlandske leverandører. Indholdet af tungmetaller i det anvendte skrot varierer med oprindelsen og sammensætningen af skrottet. Det er derfor ikke umiddelbart muligt at lave repræsentative analyser af tungmetalindholdet i stålskrot. En af mulighederne for direkte at påvirke tungmetalindholdet i skrottet er at give anvisninger til virksomhederne, der står for indsamlingen af stålskrot i form af f.eks. "Råvarespecifikation for Stålfremstilling". En anden mulighed for indirekte påvirkning er regulering af forbruget af tungmetaller til forskellige anvendelser.

Det indkomne skrot behandles i elektrostålværket, hvor det smeltes i en elektrisk lysbueovn. Ovnens fyldes med skrot (en charge består af ca. 115 tons skrot), og grafitelektroder nedsænkes i ovnen. Elektroderne danner en lysbue med materialet i ovnen. Nedsmeltningen varer ca. 40 min. afhængig af skrottets beskaffenhed. Det smeltede stål, ca. 110 tons, overføres med en "ske" til en såkaldt skeovn. I skeovnen justeres sammensætningen af smelten med råjern og lege-

ringsmetaller afhængig af, om der skal støbes knipler til produktion af stænger eller slabs til produktion af plader.

De fremstillede knipler og slabs videreforarbejdes - evt. efter oplagring på virksomheden - til henholdsvis stangstål på stangstålværket og til plader på pladestålværket. Stålvalseværkets produktion i perioden 1992 - 1997 er vist i tabel 5.9.

Tabel 5.9. Stålvalseværkets årlige produktion i perioden 1990 - 1997 opdelt på råstål, plader og stangstål (Stålvalseværket, 1992; 1994; 1995; 1996; 1997)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<b>Råstål (1000 tons/år)</b>	io	io	599	io	730	654	744	794
<b>Plader (1000 tons/år)</b>	io	io	444	io	459	478	484	571
<b>Stangstål (1000 tons/år)</b>	io	io	170	io	264	239	235	245

io Ikke oplyst.

De samlede emissionsfaktorer for produktion af henholdsvis plader og stangstål er vist i tabel 5.10. På grundlag af de emissionsdata, der af virksomheden anvendes til OML-beregninger, oplysninger om drifttider i de tre produktionsafsnit (Mikkelsen, 1998) kan der opstilles emissionsfaktorer for Pb, Cd, Hg, Ni og Zn. De emissionsdata, der anvendes til OML-beregninger, er ofte gennemsnit af de tre seneste målinger på de enkelte afkast.

Tabel 5.10. Emissionsfaktorer for stålplader og -stænger (Stålvalseværket, 1992; 1994; Mikkelsen, 1998)

			Cd	Hg	Ni	Pb	Zn	Sum
<b>OML, 1997<sup>1</sup></b>	Plader	g/tons	0,03	im	0,4	1,1	8,2	9,7
	Stangstål	g/tons	0,02	im	0,4	1,0	9,6	11,1
<b>OML, 1996<sup>1</sup></b>	Plader	g/tons	0,03	0,3	0,5	1,2	9,1	11,1
	Stangstål	g/tons	0,02	0,3	0,5	1,1	10	12,0
<b>OML, 1995/96<sup>1</sup></b>	Plader	g/tons	0,04	0,2	0,7	2,5	9,2	12,6
	Stangstål	g/tons	0,01	0,2	0,4	2,2	9,0	11,8
<b>Grønt regnskab<sup>2</sup></b>	Plader	g/tons	0,05	0,2	0,8	3,1	12	15,9
<b>1994</b>	Stangstål	g/tons	0,01	0,2	0,5	2,6	10	13,7
<b>Grønt regnskab<sup>2</sup></b>	Plader	g/tons	0,08	0,4	1,3	4,9	18	25 <sup>3</sup>
<b>1993</b>	Stangstål	g/tons	0,02	0,4	0,7	4,1	17	22 <sup>3</sup>
<b>Grønt regnskab<sup>2</sup></b>	Plader	g/tons	0,08	0,4	1,4	5,0	19	25,6
<b>1992</b>	Stangstål	g/tons	0,02	0,4	0,8	4,4	18	23,4

1. Baseret på input til OML beregninger (Mette Mikkelsen, Det Danske Stålvalseværk, december 1998).
2. Baseret på massebalance i grønt regnskab (Stålvalseværket, 1994; 1992); fordelingen af tungmetalemissionen på enkeltstoffer er baseret på fordelingen for henholdsvis plader og stangstål beregnet for 1995/96.
3. Baseret på deklARATION for stål (Stålvalseværket, 1994).

## 5.4 Metalsmelterier

Oparbejdning af andet metalkrot foregår i vid udstrækning på metalsmelterier. Metalkrottet oparbejdes ved mekanisk adskillel-

se/smeltning og udstøbes til metalbarer, som kan anvendes som råvarer på f.eks. metalstøberier. Eksempler på metalskrot mv. der oparbejdes er:

- blykapper, -taginddækninger og -rør
- blyaske
- transformatorer
- jord- og søkabler
- andre aluminium, bly og kobber produkter (herunder bronze/rødgods)

Virksomheden har som hovedområde at behandle jord- og søkabler med blykapper, men er ellers karakteriseret ved en meget varierende produktion. Kapaciteten på metalsmelteriet er 10.000 tons per år svarende til 30 tons per døgn. Normalt udnyttes 50 - 80% af kapaciteten. Det betyder, at det ikke er muligt at beregne emissionsfaktorer, som er repræsentative for den samlede produktion, idet der ikke foreligger målinger, som repræsenterer emissioner fra alle processer.

Det modtagne skrot adskilles så vidt muligt mekanisk efter forskellige metaller. Efter den indledende mekaniske adskillelse smeltes bly af f.eks. kabler. Smeltningen kan foregå i ovne, som fyres med olie. Det blyholdige affald indføres i ovnene på vogne i charger af 250 - 500 kg. Det smeltede bly opsamles i en herd, hvor det renses (blyaske/-slagge skummes af), og herefter udstøbes til barer. Aluminium, jern og kobber, som ligger tilbage i vognene efter afsmeltning af blyet, adskilles herefter mekanisk.

Røggassen fra ovnene føres igennem en efterbrænder med henblik på at fjerne evt. organiske forureninger i røggassen. Røggassen renses herefter med tørfilter/posefilter. Tidligere anvendtes vådscriberanlæg, men det er erstattet af tørfilter ud fra antagelsen om, at den bedste tungmetalfjernelse opnås herved. Argumentet herfor er, at tungmetallerne primært er partikelbundne; koncentrationen af bly i partiklerne antages at være < 10%. Emissionsgrænseværdien er for støv sat til 1 mg støv/Nm<sup>3</sup>, og herved antages en grænseværdi på 1 mg Pb/Nm<sup>3</sup> at være overholdt. Hvis støv overskrider grænseværdien skal røggassen analyseres for bly og cadmium. Emissionsgrænseværdien for ventilationsluft (fra nulrum) er 10 mg støv/Nm<sup>3</sup>. Tabel 5.11 viser resultater af emissionsmålinger foretaget i perioden 1994 - 1998.

Tabel 5.11. Resultater af emissionsmålinger foretaget på metalsmelteri (Nordjyllands Amt, 1994; 1996a)

	Smelteovn				Ventilation			
	Total støv mg/Nm <sup>3</sup>	Bly mg/Nm <sup>3</sup>	Cadmium mg/Nm <sup>3</sup>	Kobber mg/Nm <sup>3</sup>	Total støv mg/Nm <sup>3</sup>	Bly mg/Nm <sup>3</sup>	Cadmium mg/Nm <sup>3</sup>	Kobber mg/Nm <sup>3</sup>
Før filter	45-425	12-16	-	-	-	-	-	-
Miljøgodk. <sup>1</sup>	50	5	id	-	50	5	id	-
Måling, 1994	0,4	0,2	id	-	4,6	0,4	-	-
Miljøgodk. <sup>2</sup>	1	1			10	1		
Måling, 1994	1,5-11	0,4-0,9	0,008	0,021	0,2	-	-	-
Måling, 1996	< 1	-	-	-	< 1,5-2,4	0,08- 0,23	< 0,002	< 0,048
Måling, 1998	0,4	-	-	-	0,7	-	-	-

1 Miljøgodkendelse til 1994

2 Miljøgodkendelse fra 1994

id Ikke detekteret

Emissioner beregnet på timebasis er vist i tabel 5.12.

Tabel 5.12. Emissioner fra metalsmelteri opgjort som g/time

	Smelteovn				Ventilation			
	Flow Nm <sup>3</sup> /time	Bly g/time	Cadmium g/time	Kobber g/time	Flow Nm <sup>3</sup> /time	Bly g/time	Cadmium g/time	Kobber g/time
Måling, 1994	1.500	0,3	id	-	11.000	4,4	-	-
Måling, 1994	1.500	1,0	0,012	0,021	11.000	-	-	-
Måling, 1996	1.500	-	-	-	11.000	1,7	< 0,022	< 0,5
Måling, 1998	1.500	-	-	-	11.000	-	-	-

id Ikke detekteret.

Under antagelse af en 80% udnyttelse af ovnkapaciteten i døgndrift kan den daglige behandling estimeres til 24 tons svarende til 1 tons/time. Arbejdet med adskillelse af rester fra afsmeltning af bly i det såkaldte nulrum skønnes at kunne foretages inden for en 8 timers arbejdsdag svarende til behandling af rester fra 3 tons/time. Emissionsfaktorerne baseret på behandlet mængde kan herved estimeres som vist i tabel 5.13.

Tabel 5.13. Emissionsfaktorer for metalsmelteri

Smelteovn			Ventilation		
Bly g/tons	Cadmium g/tons	Kobber g/tons	Bly g/tons	Cadmium g/tons	Kobber g/tons
1,0	0,01	0,02	0,5-1,5	< 0,007	< 0,2



## 6 Glasproduktion

I Danmark sker produktionen af kunstglas primært på Royal Copenhagen, Holmegaard Glasværk. Hertil kommer en række mindre glaspusterier der fremstiller glas til turistindustrien. Smeltningen finder sted chargevis i potteovne og dermed beslægtede ovntyper samt i en enkelt mindre kontinuerlige ovn.

Produktionen af emballageglas finder kun sted i PLM Holmegaard, hvor glasset smeltes i naturgasfyrede, kontinuerligt arbejdende smelteovne. Den efterfølgende beskrivelse bygger på oplysninger fra Voght (1998).

Vinduesglas og lignende produceres i udlandet. I Danmark sker kun en tilskæring af glasset til det enkelte formål.

Fremstillingen af glas til emballage foregår enten som en kontinuerlig proces eller som en charge proces. Ved de kontinuerlige processer er emissionerne konstante, mens der ved charge processen kan være forskel på emissionerne ved selve smeltningen og fremstillingsprocessen.

Råvarerne (mengen) fyldes i ovnen enten som helt nye materialer eller iblandes med skår fra genbrugsglas. Her foretages smeltningen med naturgas, olie eller el. Smeltningen foregår ved temperaturer op til ca. 1430 °C og ca. 1550 °C i henholdsvis potteovne og kontinuerlige ovne.

Efter smeltningen bliver det udstrømmende glas klippet i passende stykker, de såkaldte gobs. Herefter formes glasset enten i færdige forme eller ved blæsning med luft. Det formede glas afkøles og slibes herefter inden produkt er færdigt.

Røggassen, der forlader ovnen, er ca. 450 °C. Energien i røggassen udnyttes i nogle tilfælde til rumopvarmning. Temperaturen i røggassen nedbringes til ca. 250 °C, inden den bliver udsendt gennem skorstenen. I mange tilfælde er der ingen rensning af røggassen.

Emissionsopgørelserne er udelukkende foretaget for det nuværende PLM Holmegaard, idet denne virksomhed har den væsentligste produktion af glas i Danmark.

Ved opgørelsen af emissionsfaktorer for glasproduktionen er emissioner kun medtaget for de kontinuerlige processer. Dette skyldes at emissionen ved chargeproces varierer meget over hele procesforløbet og derved vil give meget store udsving. Endvidere udgør produktionen ved charge på virksomheden mindre end 1% af den årlige fremstillede mængde glas. Produktionen af kunstglas udenfor virksomheden er endvidere væsentlig mindre end den mængde, der produceres på Holmegaard Glasværk.

Smeltningen af glas foregår med naturgas ved direkte opvarmning. Emissionen af tungmetaller ved anvendelse af naturgas er minimal. Fra selve glasproduktionen omfatter emissionen af tungmetaller i

praksis kun bly, hvilket skyldes fordampning fra glasoverfladen i ovnen af blyoxid, som glasset indeholder grundet forurening af genbrugsglas.

De jomfruelige råvarer er blyfrie. Tidligere indeholdt genbrugsskårene en del metallisk bly i form af hætter fra vin- og spiritusflasker, metallisk bly som også bidrog til fordampningen i smelteovnen, og hvoraf en del blev oxideret og overført til glasmassen.

Siden 1994 er denne blyemissionskilde stort set fjernet. Men genbrugssystemerne bliver stadig tilført blyoxid via andre blyoxidholdige glastyper end emballageglas. I dag varierer genbrugsskårene indhold af blyoxid omkring et gennemsnit på ca. 230 - 250 ppm med betydelige udsving.

Glasproduktionens størrelse er faldet siden 1990. I den følgende tabel 6.1 er produktionen angivet fra 1990 -1997. Tallene er ca. tal, da regnskabsåret forløber fra 1.oktober til 31. september det følgende år.

Tabel 6.1 Glasproduktionens størrelse (tons/år) (Voght, 1998)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
164.000	159.000	145.000	140.500	150.200	140.000	140.000	140.000

Der er foretaget målinger af de tre metaller Pb, Se og Zn. Emissionen af disse metaller kan variere afhængig af bl.a. glasskår og den farve glas der skal fremstilles. I den følgende tabel 6.2 er emissionerne angivet for årene 1990 og 1997 for de nævnte metaller.

De angivne emissioner er udregnet ud fra produktionsdata som et resultat af ni enkeltmålinger fordelt på tre anlæg for hvert år. Selenemissionen er udregnet på grundlag af i alt seks målinger fordelt på to anlæg i 1990 og tre målinger på et anlæg i 1997.

Tabel 6.2. Emissioner fra glasproduktion (Voght, 1998)

År	Emissionen i gram/tons					
	Pb		Se		Zn	
	Interval	Middeltal	Interval	Middeltal	Interval	Middeltal
1990	2,6 - 11,6	7,1	0,05 - 4,0	2,0	0,7 - 1,2	1,0
1997	1,1 - 8,3	4,7	0,8 - 1,9	1,4	0,4	0,4

## 7 Cementproduktion

I Danmark fremstilles cement alene af Aalborg Portland. Den efterfølgende beskrivelse bygger på oplysninger fra Andreasen (1999). I hovedtræk fremstilles cementen ved, at en opslemning af ler blandes med ca. fire gange så meget kridt i slemmetromler. Herefter formales kridt slammen i rørmøller til en given finhed. Fra møllerne føres slammen som færdig ovnslam til bassiner, hvorfra den til sidst pumpes til roterovnene.

En roterovn er et langt stålrør der er forsynet med ildfast foring. Den største roterovn hos Aalborg Portland er godt 200 meter lang og har en diameter på syv meter. Ovnens har en hældning på nogle få grader. Indpumpning af slam foregår i den øverste ende af ovnen, mens brændslet, kulstøv eller olie blæses ind i den nederste ende.

I den øverste ende af ovnen udtørres slammet, så vandindholdet på ca. 40% fjernes. Efterhånden som materialet på grund af ovnens rotation transporteres ned gennem ovnen, opvarmes det yderligere, hvorved kridtet afgiver sin kuldioxid (CO<sub>2</sub>). Ved den fortsatte opvarmning af materialet når det op på temperaturer på ca. 1400 °C, hvor den egentlige brænding sker. Ved brændingen, der er den delvise smeltning (sintring), dannes der klinkerminerale, heraf er hovedparten calciumsilikater. Efter brændingen afkøles klinkerne.

Klinkerne formales i cementmøller, under tilsætning af nogle få procent gips. Herefter er produktet færdigt som cement. Røggassen renses med elektrofilter inden udsendelsen gennem skorstenen. Elektrofilterne formodes at tilbageholde 99% af alle metaller i processen, på nær kviksølv.

Produktionen af cement har siden 1990 været jævnt stigende. I den følgende tabel 7.1 er angivet produktionen fra 1990 -1997.

Tabel 7.1. Cementproduktionens størrelse (tons/år)(Andreasen, 1999)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
1.619.979	1.998.674	2.214.104	2.244.329	2.242.409	2.273.775	2.418.988	2.550.658

Der er i 1997 foretaget målinger af de ni metaller As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni Pb, Se og Zn. Emissionen af nogle af disse metaller er under detektionsgrænsen. Disse metaller er angivet som mindre end (<). I den følgende tabel 7.2 er angivet emissionerne for 1997.

De angivne emissioner er udregnet fra produktionsdata og som et resultat af 2 målinger.

Tabel 7.2. Emissioner fra cementproduktion (Andreasen, 1999)

År	Emissionen i gram/tons								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
1997	< 0,02	<0,007	0,01	< 0,01	0,06	0,02	< 0,01	0,007	0,05

## 8 Danske tungmetalemissioner, 1990 og 1997

Emissioner af tungmetaller til atmosfæren er opgjort for 1990 og 1997. Opgørelserne dækker følgende sektorer:

- 1 Fyringsanlæg: kraft- og fjernvarmeværker (herunder affaldsforbrændingsanlæg), raffinaderier, olie- og gasudvinding
- 2 Fyringsanlæg: beboelse, institutioner, skov- og landbrug
- 3 Forbrænding i industri: fyringsanlæg, processer uden kontakt, processer med kontakt
- 4 Produktionsprocesser: raffinaderier, jern- og metalindustri, cementindustri, glasindustri
- 7 Vejtransport
- 8 Andre mobile kilder: militær, jernbaner, inden- og udenrigs fly- og skibstransport, off-road

Gruppen 1 omfatter såvel elværksejede anlæg og andre anlæg, der producere el eller en kombination af el og fjernvarme samt anlæg der kun producerer fjernvarme. Affaldsforbrændingsanlæg er også omfattet af denne gruppe.

Gruppen 3 omfatter emissioner fra såvel industriens fyringsanlæg som fra processer, hvor der medgår energi i form af brændsler enten ved direkte eller indirekte kontakt. Denne opgørelse omfatter jernstøberier, metalmelterier, cementindustri og glasindustri.

Gruppen 4 omfatter andre produktionsprocesser og denne opgørelse omfatter rødgodsstøberier og Stålvalseværket.

Hvor store mængder tungmetaller der årligt emitteres til atmosfæren afhænger af en række faktorer, hvoraf de vigtigste er brændsels- eller råvarerforbrug, brændselstyper samt den anvendte teknologi herunder røgrensningsudstyr. Disse faktorer er afspejlet i emissionsfaktorerne (EMF) og aktiviteterne som anvendes ved beregning af emissionerne med følgende formel:

$$\text{Emission} = \text{EMF} \times \text{Aktivitet}$$

I CORINAIR databasen er emissionskilderne delt op i punkt- og arealkilder. Punktkilderne dækker en række anlæg med en effekt større end 50 MW indfyret. Antallet af punktkilder der er registreret i databasen har siden 1990 været stigende og udgjorde i 1990 og 1997 henholdsvis 21 og 48. Punktkilderne er angivet i bilag 2. I tungmetalopgørelsen for 1997 er der for de centrale værker (der alle er punktkilder) anvendt emissioner for de enkelte blokke indberettet af Elsam og Elkraft. For en del af de andre punktkilder anvendes ligeledes

emissioner oplyst af virksomhederne enten ved direkte henvendelse eller fra grønne regnskaber. For 1990 har det ikke været muligt for Elsam og Elkraft at oplyse emissionerne på blokniveau, og der er derfor anvendt de emissionsfaktorer, der er beregnet i afsnit 3.2.

## 8.1 Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorerne er beregnet på anlægstypeniveau, det vil sige, at de udtrykker emissioner pr. aktivitetsenhed for en given proces eller et givet brændsel og teknologi.

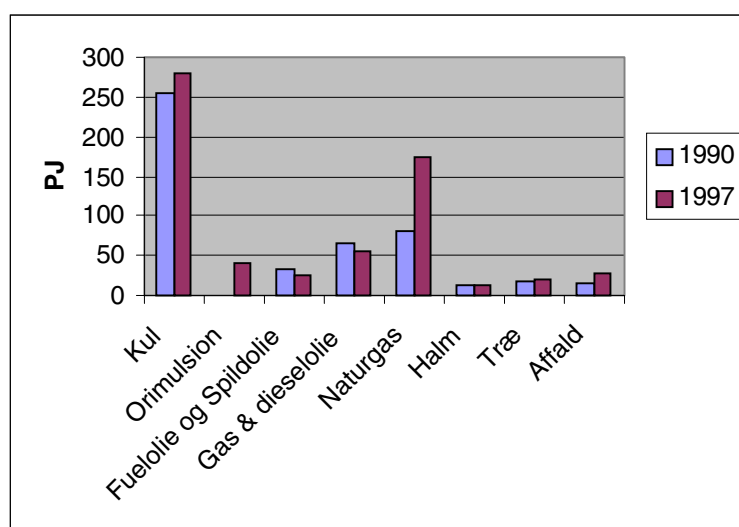
Til beregning af emissionerne anvendes dels emissionsfaktorer baseret på målinger på danske anlæg, og dels emissionsfaktorer anbefalet i CORINAIR (1996). En fuldstændig fortegnelse samt angivelse af referencer er givet i bilag 3.

Generelt er de vigtigste kilder til tungmetalemissioner forbrænding af affald og fossile brændsler. Emissionsfaktorerne for affald er for de fleste tungmetaller en del højere end for de andre brændsler. Bio-brændslerne halm og træ har generelt et lige så stort indhold af tungmetaller som kul og olie, mens naturgas ikke indeholder tungmetaller.

## 8.2 Aktiviteter

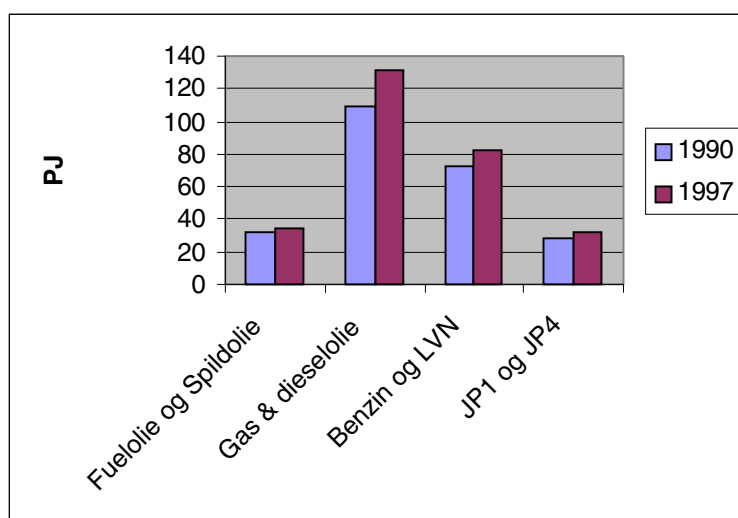
### *Brændselsforbrug*

Forbruget af de vigtigste brændsler er vist i figur 8.1 og 8.2. I bilag 4 er vist forbruget af samtlige brændsler. Figur 8.1 angiver det totale brændselsforbrug eksklusiv transport for 1990 og 1997. Brændselsforbruget er generelt højere i 1997 end i 1990, hvilket skyldes, at der i 1990 var en væsentlig elimport på ca. 7 TWh. Da alle brændslerne undtagen naturgas giver anledning til emission af tungmetaller betyder det et forholdsvis lavt udslip af tungmetaller i 1990.



Figur 8.1. Det totale brændselsforbrug eksklusiv transport.

For transportsektoren ses ligeledes et øget forbrug af brændsler i 1997 i forhold til 1990, figur 8.2.



Figur 8.2. Transportsektorens brændselsforbrug.

#### Produktionsprocesser

Udover en generel beregning af industriens emissioner fra fyringsanlæg ud fra brændselsforbruget, er der specielt beregnet emissioner fra følgende industriprocesser: Jernstøberier, metalmelterier, cementindustri, glasindustri, rødgodstøberier og Stålvalseværket.

Tabel 8.1. Aktiviteter for produktionsprocesser

Industri	jernstøberier	metalmelterier	cementindustri	glasindustri	rødgodstøberier	Stålvalseværket
Enhed	tons produkt	tons råvarer	tons produkt	tons produkt	tons produkt	tons produkt
1990	103000	5000	1619979	164000	3895	ca.1200000
1997	90000	5000	2550658	140000	4532	1610000

For jernstøberier og glasproduktion ses et fald i produktionen, mens der for cementfabrikken, rødgodstøberier og Stålvalseværket ses en stigning. Emissionerne for Stålvalseværket er ikke beregnet ud fra produktionen og emissionsfaktorer, men oplysninger fra virksomheden om emissioner er anvendt i opgørelsen.

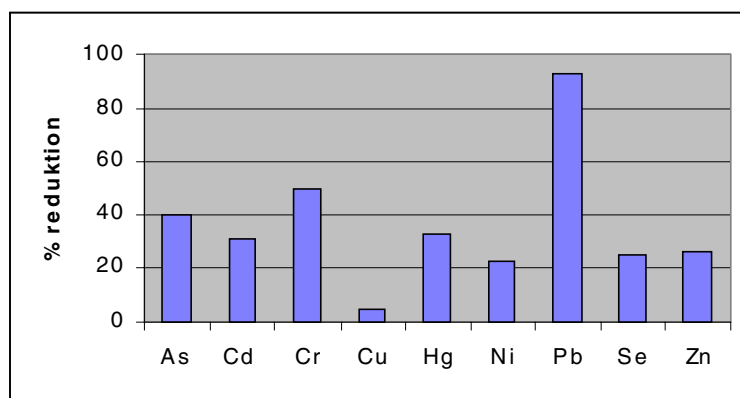
### 8.3 Emissioner fordelt på sektorer

På trods af et øget brændselsforbrug inden for såvel transportsektoren som de øvrige sektorer fra 1990 til 1997, er der sket et markant fald i tungmetalemissionerne. Reduktionerne ligger mellem 4 og 93% for henholdsvis Cu og Pb. De mindskede udslip skyldes i vid udstrækning øget anvendelse af røgrønsningsudstyr på kraft- og fjernvarmeværker; herunder på affaldsforbrændingsanlæg. For Pb skyldes faldet dog overvejende indførsel af blyfri benzin.

I bilag 5 er givet emissionerne fordelt på hovedgrupper i UNECE-format for 1990 og 1997. Totalerne er vist i tabel 8.2.

Tabel 8.2. Totale emissioner for 1990 og 1997

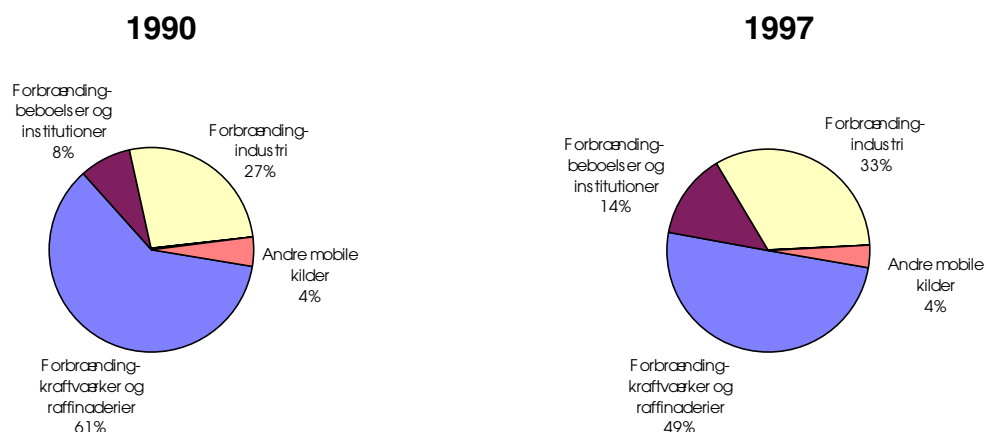
	As [kg]	Cd [kg]	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	Se [kg]	Zn [kg]
<b>1990</b>	1447	1123	6200	9670	3171	26479	124234	4233	34353
<b>1997</b>	865	778	3098	9238	2117	20480	8551	3195	25423



Figur 8.3. Reduktion af tungmetalemissioner til atmosfæren fra 1990 til 1997.

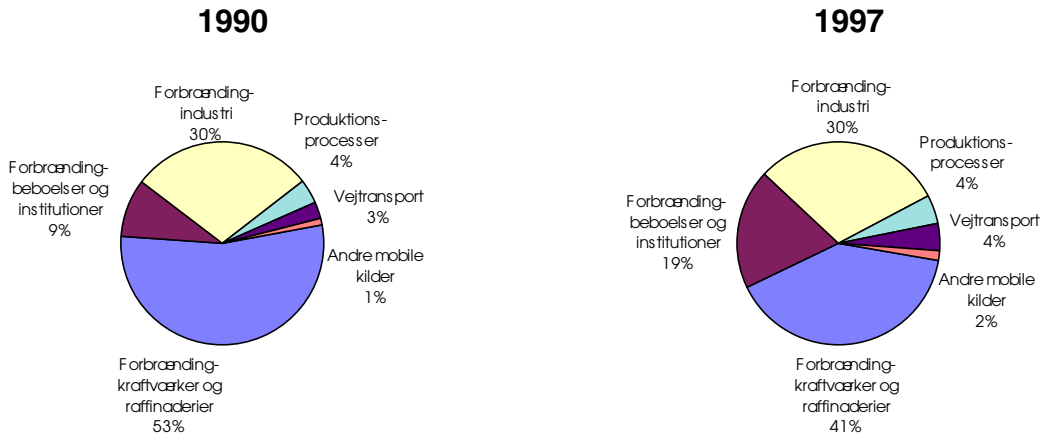
### Arsen (As)

For As er der fra 1990 til 1997 sket et fald på 40%. Både i 1990 og 1997 er den største kilde til As emission forbrænding på kraftværker og fjernvarmeværker. Her ses et fald på 50%. Det skyldes mindre emissionsfaktorer for kul, olie og affald. Grundet indførelse af røgrensningsanlæg på kraft- og fjernvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg er emissionsandelen fra disse sektorer faldet.



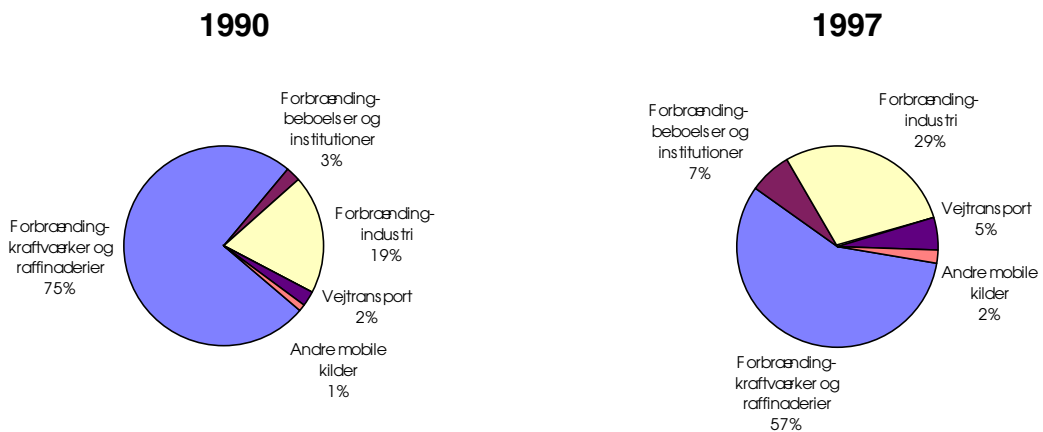
### Cadmium (Cd)

For Cd er der sket et fald på 31% fra 1990 til 1997. Som for As ses det største fald for kraft- og fjernvarmeværker.



### Krom (Cr)

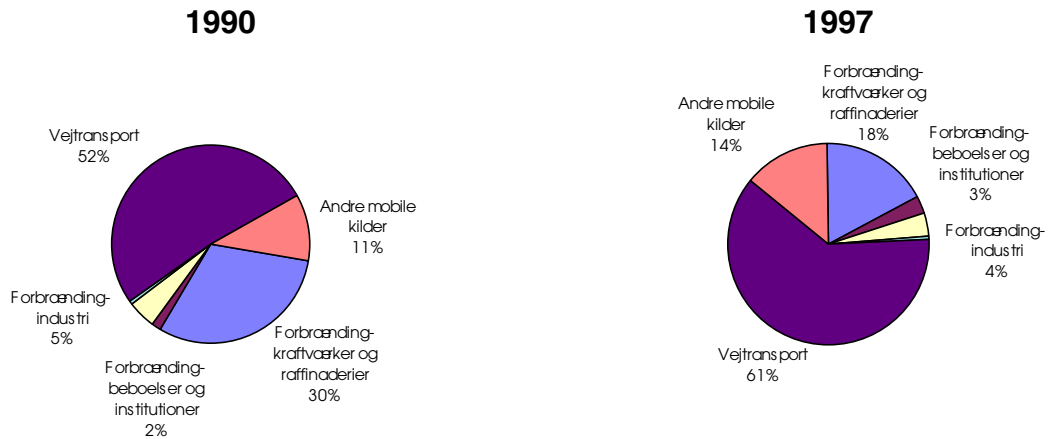
Cr-emissionen er halveret fra 1990 til 1997, hvilket hovedsageligt skyldes en kraftig reduktion af kraft- og fjernværkernes emissioner. Andelen fra denne sektor er faldet fra 75% til 57%.





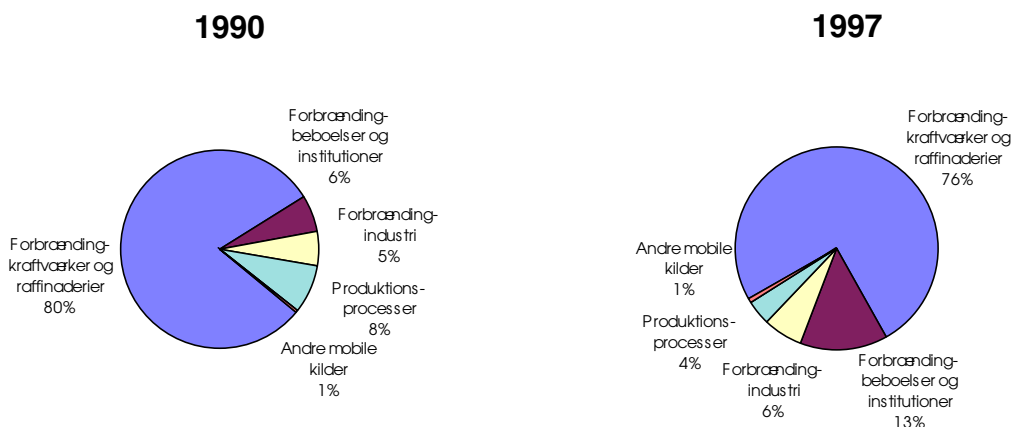
### Kobber (Cu)

For Cu har reduktion kun været 4% fra 1990 til 1997. Langt størstedelen af Cu-emissionen kommer fra vejtransport, hvor indholdet i benzin er højt og har været konstant i perioden. Da forbrændingssektoren har reduceret udslippet af Cu, bliver vejtransportens andel forholdsmæssig større i 1997 end i 1990.



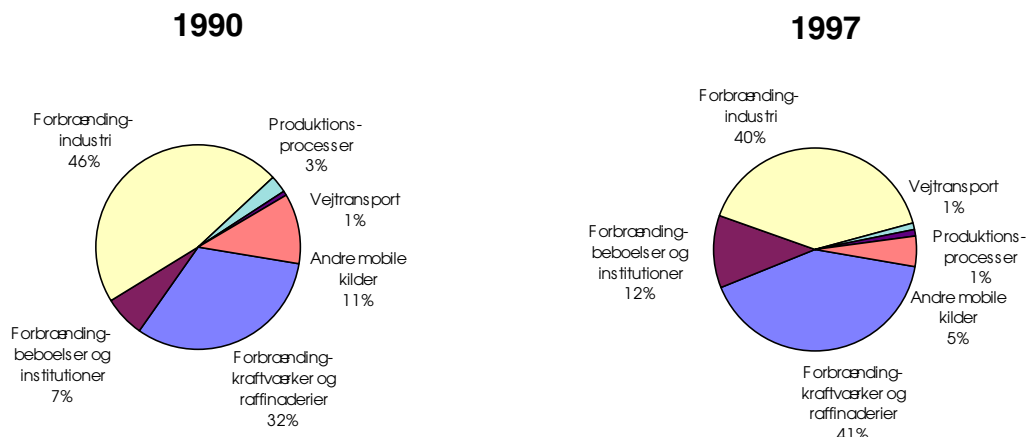
### Kviksølv (Hg)

Emissionen af Hg er faldet med 33% fra 1990 til 1997. Reduktionen af kraft- og fjernvarmeværkernes emissioner af Hg er forholdsvis mindre end i de andre metaller tilfælde. Det skyldes at Hg er mere flygtigt, hvorfor kun 50% tilbageholdes i kraftværkernes elektrofiltre. De 4% bidrag fra produktionsprocesser er fra Stålvalseværket.



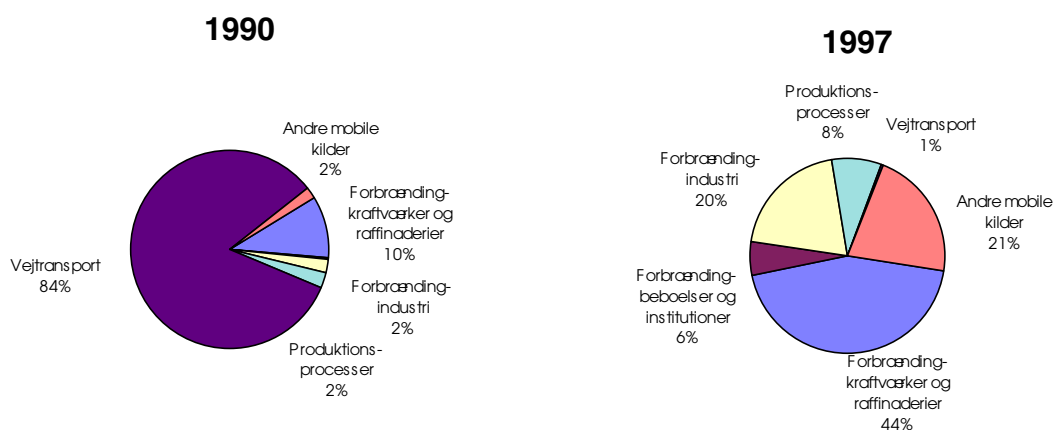
### Nikkel (Ni)

Fra 1990 til 1997 er der sket en reduktion af Ni på 23%. Ni-indholdet i fuelolie er meget højt, og der ses derfor også et stort bidrag fra forbrænding i industri, der anvender forholdsvis meget fuelolie.



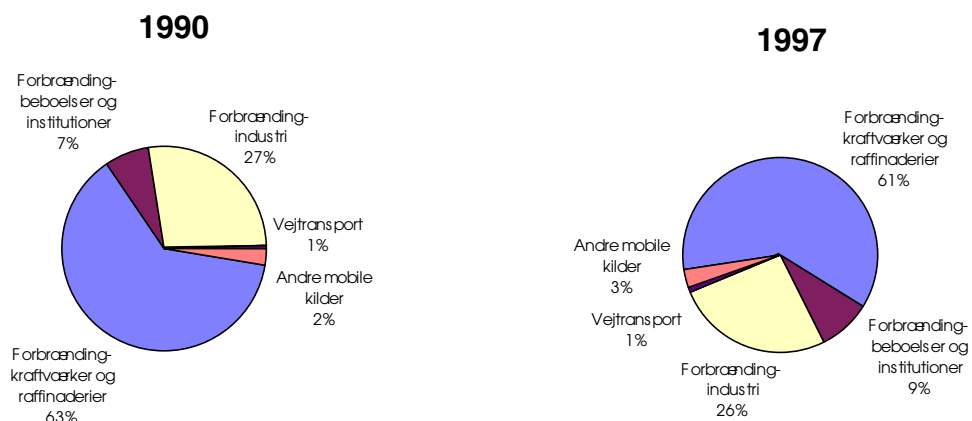
### Bly (Pb)

Pb-emissionen er faldet med 93% fra 1990 til 1997. Den store reduktion skyldes hovedsagelig indførsel af blyfri benzin. Således er udslippet af Pb fra vejtransport for de to år faldet fra 103521 kg/år til 55 kg/år.



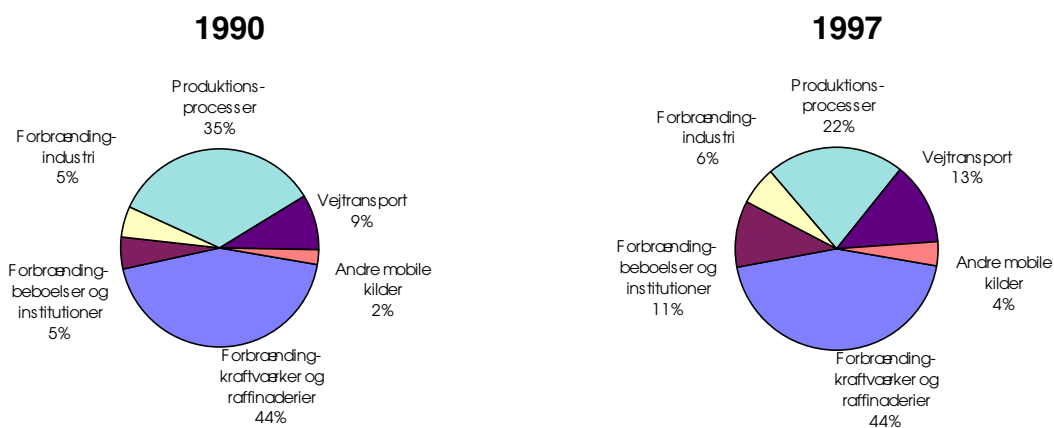
### Selen (Se)

Emissionen af Se er faldet med 25% fra 1990 til 1997. Se er som Hg flygtig, hvilket betyder, at kun 75% fjernes i elektrofilteret.



### Zink (Zn)

Reduktionen af Zn har været 26 % fra 1990 til 1997. I modsætning til hvad der ses for de andre metaller udgør emissionen fra produktionsprocesser en stor andel og bidragene i 1990 og 1997 udgjorde hhv. 35% og 22%.



# Kildehenvisning

Andreasen, P., 1999, Information vedrørende produktion og emissionsopgørelser fra Aalborg Portland, personlig kommunikation.

CORINAIR, 1996, Atmospheric Emission Inventory Guidebook, Joint EMEP/CORINAIR, First Edition. Vol. 1 and 2. European Environment Agency, Copenhagen Denmark.

Dalager, S.; Blinksbjerg, P., 1994, Tungmetallers adfærd ved affaldsforbrænding. Energiministeriets Forskningsudvalg for produktion og fordeling af el og varme. dk-TEKNIK, Søborg.

EEC, 1989a, Council Directive 89/369/EEC of June 1989 on the prevention of air pollution from new municipal waste incineration plants. OJ L 163, 14/06/1989 p. 32-36.

EEC, 1989b, Council Directive 89/429/EEC of 21 Juni 1989 on the prevention of air pollution from existing municipal waste incineration plants. OJ L 203, 15/07/1989 p. 50-54.

Enni, M., 1999, Information vedrørende produktion og emissionsopgørelser. Tasso Odense A/S.

Geertinger, A., Cramer, J., 1999, Possibilities of improving energy efficiency of municipal waste incineration "state of the art" in Denmark. dk-TEKNIK ENERGY & ENVIRONMENT, Søborg.

Hansen, J., 1999, Information vedrørende produktion og emissionsopgørelser. Frese Metal- og Stålstøberi.

Hjelmar, O., Thomassen, H., Højmark, H., 1990, Restprodukter fra røggasrensning ved affaldsforbrænding I - Udredning. Miljøprojekt nr. 146. København: Miljøstyrelsen.

Illerup, J. B., Winther, M., Lyck, E. og Fenger, J., 1999, Hvor kommer luftforureningen fra? - fakta om kilder, stoffer og udvikling. Temarapport fra DMU nr. 29. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilder. 32 sider.

ISWA, 1994, Energy from waste plants – 1994. General/technical information, environmental/operation data 1990, 1991, 1992. Working Group on Thermal Treatment of Waste. Copenhagen.

ISWA, 1997, Energy from waste. State-of-the-art report. Statistics 1993-1996. Working Group on Thermal Treatment of Waste. Copenhagen.

Københavns Amt, 1993, Revideret miljøgodkendelse - Magnus Jensen A/S - Hvidovre Kommune. Københavns Amt, 31. Marts 1993.

Københavns Amt, 1996, Miljøgodkendelse i henhold til Miljøbeskyttelseslovens § 39 af støberiet Johan Jensen & Søn. Københavns Amt, 19. Juni 1996.

Mikkelsen, M., 1998/1999, Information om produktion og emissionsopgørelser. Det Danske Stålvalseværk A/S, personlig kommunikation.

MILJØ-KEMI, 1998, Støberiet Magnus Jensen A/S. Emissionsmåling. Udarbejdet af MILJØ-KEMI, Dansk Miljø Center A/S for Københavns Amt. 30. November 1998.

Miljø- og Energiministeriet, 1997, Bekendtgørelse nr. 41 januar 1997 om affaldsforbrændingsanlæg.

Miljøstyrelsen 1986, Begrænsning af forurening fra affaldsforbrændingsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 3/1986. København: Miljøstyrelsen.

Miljøstyrelsen 1993, Begrænsning af forurening fra affaldsforbrændingsanlæg. Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 2/1993. København: Miljøstyrelsen.

Nordjyllands Amt, 1994, Rammegodkendelse i henhold til miljøbeskyttelsesloven af eksisterende virksomhed, omlægning af produktion, samt etablering af tørfilter på Hals Metalsmelteri A/S, Skovgårdsvej 18, 9370 Hals, Matr. nr. 2 ae, Hals by, Hals Kommune. Nordjyllands Amt, 9. August 1994.

Nordjyllands Amt, 1996a, Accept af anmeldelse af etablering af roterovn på Hals Metalsmelteri A/S samt godkendelse i henhold til Miljøbeskyttelsesloven af udvidelse af rammen i Rammegodkendelse af 9. august 1994 i henhold til miljøbeskyttelsesloven af eksisterende virksomhed, omlægning af produktion, samt etablering af tørfilter på Hals Metalsmelteri A/S, Skovgårdsvej 18, 9370 Hals, matr. nr. 2 ae, Hals by, Hals Kommune. Nordjyllands Amt, 22. oktober 1996.

Nordjyllands Amt, 1996b, Godkendelse i henhold til lov om miljøbeskyttelse kapitel 5 af Jernstøberiet Dania A/S, matr.nr. 2 gt, Aars by, Aars Kommune. Postadresse: Markedsvej 21, 9600 Aars. Nordjyllands Amt, 4. juni 1996.

Ravn, O., Olsen, H., Crepaz, R., Togeby, M., 1994. Brancheenergianalyse for støberier - Hovedrapport. Udarbejdet af DTI Energi, Industriel Metallurgi og AKF.

Ringkjøbing Amt, 1988, Vald. Birn A/S, Jernstøberi og Maskinfabrik, Holstebro. Godkendelse i henhold til Miljøbeskyttelseslovens § 35. Ringkjøbing Amtskommune, 29. juli 1988.

Ringkjøbing Amt, 1989, Afgørelse vedrørende godkendelse af Valdemar Birn A/S, Jernstøberi og Maskinfabrik, Holstebro. Miljøankenævnet, 9. oktober 1989.

Rytlander, T., 1998. Danske Støberiers brancheforening, personlig kommunikation.

Stålvalseværket, 1992, Grønt regnskab 1992. Det Danske Stålvalseværk A/S.

Stålvalseværket, 1994, Grønt regnskab 1994. Det Danske Stålvalseværk A/S.

Stålvalseværket, 1995, Grønt regnskab 1995. Det Danske Stålvalseværk A/S.

Stålvalseværket, 1996, Grønt regnskab 1996. Det Danske Stålvalseværk A/S.

Stålvalseværket, 1997 Grønt regnskab 1997. Det Danske Stålvalseværk A/S.

Thomassen, H., 1998, General information vedrørende emissionsopgørelser fra den danske kraftværkssektor, Elkraft, personlig kommunikation.

Thomassen, H., 1999, Information vedrørende emissionsopgørelser fra kraftværkssektoren, Elkraft, personlig kommunikation.

Videncenter for Affald og Genanvendelse, 1997, Affaldshåndbogen '96/97. Rendan A/S, Søborg.

Voght, J., 1998, Information vedrørende produktion og emissionsopgørelser fra Holmegaard Glasværker, personlig kommunikation.

Winther M., Illerup, J. B., Fenhann, J. og Kilde, N. A., 1999, The Danish CORINAIR Inventories - Timeseries 1975-1996 of Emissions to the Atmosphere. Faglig rapport fra DMU, nr. 287. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. 83 sider.

#### **Brancheforening, myndigheder og virksomheder kontaktet**

Danske Støberiers Brancheforening, Tom Rytlander

Det Danske Stålvalseværk, Mette Mikkelsen

Frese metal & stålstøberi A/S, Jesper Hansen

Jernstøberiet Dania A/S, Poul Erik Sand

Jægers Metalstøberi A/S, Karsten Møller

K. B. Hansson Aps, Jens Dalsgaard

Københavns Amt, Johanne Aaberg Andersen

Magnus Jensen A/S, Svend Klæning

Nordjyllands Amt, Michael Ejlersen

Ringkjøbing Amt, Stefan Steenberg

Sabro Støberi A/S, Bent Hansen

Tasso Odense A/S, Morten Enni

Uldalls Jernstøberi A/S, Jens Aage Uldall

Vald. Birns Jernstøberi A/S, Eddy Boe Nielsen

## Bilag 1 Usikkerhedsberegninger for målinger på affaldsforbrændingsanlæg

### Bilag 1.1

ESP - 90	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Mn	Se
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
Gennemsnit	0,012	0,062	0,329	0,228	0,284	1,347	0,185	-	0,073	-
Max	0,018	0,340	1,690	0,560	1,100	2,780	0,470	0,000	0,150	0,000
Min	0,007	0,005	0,027	0,050	0,041	0,100	0,010	0,000	0,035	0,000
Spredning	0,005	0,078	0,667	0,1207	0,457	0,907	0,113	-	0,046	-
DRY+ESP - 90	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Mn	Se
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
Gennemsnit	-	0,004	-	-	-	1,075	0,152	-	-	-
Max	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000	1,140	0,264	0,000	0,000	0,000
Min	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	1,010	0,040	0,000	0,000	0,000
Spredning	-	0,001	-	-	-	0,092	0,158	-	-	-
SD+FB - 90	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Mn	Se
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
Gennemsnit	-	0,022	-	-	-	0,160	0,263	-	-	-
Max	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,230	0,340	0,000	0,000	0,000
Min	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,090	0,186	0,000	0,000	0,000
Spredning	-	0,029	-	-	-	0,099	0,109	-	-	-

## Bilag 1.2

ESP+WET - 90	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Mn	Se
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
<b>Gennemsnit</b>	1,003	1,809	1,314	-	1,201	2,062	1,814	-	-	-
<b>Max</b>	5,000	9,000	5,000	-	5,000	9,000	9,000	-	-	-
<b>Min</b>	0,001	0,003	0,041	-	0,084	0,089	0,003	-	-	-
<b>Spredning</b>	2,234	4,020	2,086	-	2,130	3,882	4,017	-	-	-
<b>ESP -96</b>										
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
<b>Gennemsnit</b>	0,168	0,117	0,323	1,780	0,164	0,150	0,066	-	1,780	-
<b>Max</b>	0,168	0,332	0,323	1,780	0,164	0,223	0,092	0,000	1,780	0,000
<b>Min</b>	0,168	0,009	0,323	1,780	0,164	0,077	0,039	0,000	1,780	0,000
<b>Spredning</b>	-	0,186	-	-	-	0,103	0,037	-	-	-
<b>Antal</b>	1	3	1	1	1	2	2	0	1	0
<b>DRY+ESP-96</b>										
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
<b>Gennemsnit</b>	0,005	0,029	0,080	0,147	0,159	0,393	0,036	1,199	0,121	-
<b>Max</b>	0,027	0,479	0,240	0,240	0,479	3,920	0,149	3,640	0,429	0,000
<b>Min</b>	0,000	0,003	0,016	0,016	0,031	0,031	0,001	0,155	0,016	0,000
<b>Spredning</b>	0,006	0,075	0,071	0,090	0,130	0,681	0,029	1,065	-	-



### Bilag 1.3

DRY+FB – 96	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Mn	Se
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
<b>Gennemsnit</b>	0,002	0,011	0,045	0,044	0,091	0,132	0,133	-	0,037	-
<b>Max</b>	0,019	0,018	0,083	0,125	0,177	0,651	0,461	0,000	0,115	0,000
<b>Min</b>	0,000	0,007	0,008	0,008	0,010	0,046	0,028	0,000	0,008	0,000
<b>Spredning</b>	0,004	0,004	0,016	0,026	0,050	0,121	0,117	-	0,024	-
<b>SD+ESP – 96</b>										
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
<b>Gennemsnit</b>	0,002	0,013	0,087	-	0,117	0,134	0,099	0,384	-	-
<b>Max</b>	0,003	0,021	0,329	0,000	0,211	0,172	0,164	0,607	0,000	0,000
<b>Min</b>	0,001	0,007	0,034	0,000	0,033	0,088	0,053	0,196	0,000	0,000
<b>Spredning</b>	0,001	0,005	0,107	-	0,066	0,031	0,046	0,134	-	-
<b>ESP+WET – 96</b>										
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
<b>Gennemsnit</b>	0,009	0,019	0,049	0,052	0,086	0,254	0,023	-	0,029	-
<b>Max</b>	0,271	0,252	0,600	0,710	0,201	5,480	0,110	0,000	0,072	0,000
<b>Min</b>	0,001	0,004	0,009	0,017	0,012	0,042	0,003	0,000	0,005	0,000
<b>Spredning</b>	0,043	0,041	0,089	0,106	0,041	0,839	0,023	-	0,013	-

## Bilag 1.4

ESP+WET+FB - 96	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Mn	Se
	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> 11%O <sub>2</sub>
Gennemsnit	0,000	0,002	0,016	0,014	0,031	0,029	0,001	-	0,022	-
Max	0,001	0,005	0,058	0,022	0,100	0,089	0,014	0,000	0,058	0,000
Min	0,000	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000
Spredning	0,000	0,002	0,013	0,008	0,024	0,022	0,003	-	0,014	-

## Bilag 2 Punktkilder for 1990 og 1997

### Bilag 2.1

1990:

001	Amagerværket
002	Svanemølleværket
003	H.C.Ørstedsværket
004	Kyndbyværket
005	Masnedøværket
006	Q8 Raffinaderi
007	Stignæsværket
008	Asnæsværket
009	Statoil Raffinaderi
010	Avedøreværket
011	Fynsværket
012	Studstrupværket
013	Århusværket
014	Vendsysselværket
015	Aalborgværket
016	Kemira Danmark
017	Shell Raffinaderi
018	Skærbækværket
019	Enstedværket
020	Esbjergværket
021	Kastrup Lufthavn

## Bilag 2.2

1997:

001	Amagerværket
002	Svanemølleværket
003	H.C.Ørstedsværket
004	Kyndbyværket
005	Masnedøværket
006	Q8 Raffinaderi
007	Stignæsværket
008	Asnæsværket
009	Statoil Raffinaderi
010	Avedøreværket
011	Fynsværket
012	Studstrupværket
014	Vendsysselværket
015	Aalborgværket
016	Kemira Danmark
017	Shell Raffinaderi
018	Skærbækværket
019	Enstedværket
020	Esbjergværket
021	Kastrup Lufthavn
022	Østkraft
023	Danisco Ingredients
024	Dansk Naturgas Behandlingsanlæg
025	Horsens Kraftvarmeværk
027	Vestforbrænding

028	Amagerforbrændingen
029	Randersværket
030	Grenaaværket
031	Hillerødværket
032	Helsingørværket
033	Staalvalseværket
034	Stora Dalum
035	Assens Sukkerfabrik
036	Kolding Kraftvarmeværk
037	Maabjergværket
038	Sønderborg Kraftvarmeværk
039	Kara Affaldsforbrændingsanlæg
040	Viborg Kraftvarmeværk
041	Skive Fjernvarmeanlæg
042	Nordforbrændingen
043	Gørlev Sukkerfabrik
044	Frederiksberg Varmeværk
045	Aalborg Portland
046	Aarhus Nord
047	Reno Nord
048	Silkeborg Kraftvarmeværk

# Bilag 3 Anvendte emissionsfaktorer

## Bilag 3.1

### Emissionsfaktorer for tungmetaller anvendt i opgørelserne for 1990 og 1997:

#### Referencer

- 1: Illerup. J. B., Geertinger. A., Hoffmann. L. og Christiansen. K.: Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996. Danmarks Miljøundersøgelser. september 1999.
- 2: The Atmospheric Emission Inventory Guidbook (EMEP/CORINAIR). 1996.
- 3: dk-TEKNIK. personlig kommunikation. 1999.

#### Punktkilder:

#### Centrale værker 1990:

Emissionsfaktorer efter elektrofilter:

mg/GJ	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
<b>Kul</b>	3,3	0,1	8,02	4,41	2,20	6,81	6,0	13,0	10,5 <sup>2</sup>	1
<b>Olie</b>	1,48	4,43	1,33	1,48	0,15	191	1,48	0,59	11,7 <sup>2</sup>	1

2: Guidebooke (EMEP/CORINAIR)

Emissionsfaktorer efter elektrofilter og afsvovlingsanlæg for kul:

mg/GJ	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
<b>Semitor</b>	0,29	0,075	4,32	2,56	1,10	3,27	6,0	0,13	5,25 <sup>2</sup>	1
<b>Våd</b>	1,13	0,062	4,00	2,25	1,23	4,91	2,70	4,30	5,25 <sup>2</sup>	1

2: Guidebooke (EMEP/CORINAIR)

Emissionsfaktorer efter elektrofilter og afsvovlingsanlæg for olie:

mg/GJ	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
<b>Semitor</b>	0,13	3,50	0,72	0,86	0,074	92,1	1,48	0,0059	5,85 <sup>2</sup>	1
<b>Våd</b>	0,52	2,88	0,66	0,75	0,083	138,1	0,66	0,19	5,85 <sup>2</sup>	1

2: Guidebooke (EMEP/CORINAIR)

#### Affaldforbrændingsanlæg 1997:

Emissionsfaktorer for danske affaldsforbrændingsanlæg:

mg/GJ	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Hg	Zn	Ref.
<b>Teknik</b>	mg/GJ	mg/GJ	mg/GJ	mg/GJ	mg/GJ	mg/GJ	mg/GJ	mg/GJ	
<b>ESP</b>	6,7	28,6	161,9	104,8	161,9	685,7	104,8	-	1
<b>DRY+ESP</b>	2,9	16,2	38,1	76,2	104,8	209,5	21,0	628,6	1
<b>DRY+FB</b>	1,0	4,8	19,0	19,0	47,6	57,1	57,1	-	1
<b>SD+ESP</b>	1,0	6,7	47,6	-	66,7	66,7	57,1	209,5	1
<b>SD+FB</b>	-	9,5	-	-	-	104,8	161,9	-	1
<b>ESP+WET</b>	4,8	9,5	28,6	28,6	47,6	161,9	9,5	-	1
<b>ESP+WET+FB</b>	0,3	1,0	9,5	7,6	19,0	19,0	0,6	-	1

## Bilag 3.2

### Arealkilder:

#### Affald (01):

mg/GJ	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
1990	7,82	31,32	186,1	123,49	132,42	191,96	722,60	-	804,88	1
1997	3,53	9,21	32,97	31,80	58,70	55,40	137,57	-	359,50	1

#### Kraft- og fjernvarmeværker samt fyringsanlæg (01+02+03):

mg/GJ	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
Kul	3,2	0,1	2,3	3,1	1,7	4,4	6,0	0,5	10,5	2
Fuel olie	14,07	13,5	33,33	12,96	4,3	642	23,46	12,3	2,72	2
Gas olie	1,17	0,23	0,94	1,17	1,17	,64	2,34	4,68	11,7	2
Brun- kul	4,2	0,4	3,1	2,0	4,4	3,9	3,9		10,6	2
Benzin		0,23	1,14	38,81		1,6	0,68	0,23	22,83	2
Halm		0,62	0,62	1,06	6,8	0,53	3,22		8,39	3
Træ		6,8		6,8	6,8		3,4		136	3

#### Vejtransport (07):

mg/GJ	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
Benzin		0,23	1,14	38,81		1,60	Se nederst	0,23	22,83	2
Diesel		0,23	1,17	39,81		1,64		0,23	23,42	2
Fuel olie	12,22	0,24	1,22	41,56	0,49	1,71	4,89	0,24	24,45	2

Pb	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997		
Benzin	1471	1074	925	389	68	68	68	0,68		2

Kilde for Pb: Nationale undersøgelser af brændstofkvalitet.

#### Andre mobilekilder (08):

Skibe (0804)

mg/GJ	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
Benzin		0,23	1,14	38,81		1,60	Se vej-transport	0,23	22,83	2
Diesel	1,17	0,23	0,94	1,17	1,17	1,64	2,34	4,68	11,71	2
Fuel olie	12,22	0,73	4,89	12,22	0,49	733,50	4,89	9,78	22,00	2

### Bilag 3.3

Andet (0801/02/03/05/06/07/08/09):

(mg/GJ)	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
Benzin	-	0,23	1,14	38,81	-	1,60	0,68	0,23	22,83	2
Flybenzin	-	0,23	1,14	38,81	-	1,60	12785	0,23	22,83	2
Diesel	-	0,23	1,17	39,81	-	1,64	-	0,23	23,42	2
Fuel olie	0,24	0,24	1,22	41,56	0,49	1,71	4,89	0,24	24,45	2

Jernstøberier (030303):

mg/ton	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
1990 + 1997	300	140	1100	-	-	1300	7200	5	5000	2

Metalsmelterier (030307):

mg/ton	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
1990 + 1997	-	17	-	220	-	-	1750	-	-	1

Cementindustri (030311):

Cementindustriens emissioner er beregnet ud fra forbruget af brændsler og de tilhørende emissionsfaktorer.

Glasindustri (030315):

mg/ton	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
1990	120 <sup>2</sup>	150 <sup>2</sup>	2400 <sup>2</sup>	600 <sup>2</sup>	50 <sup>2</sup>	1900 <sup>2</sup>	7100	2000	1000	1
1997	120 <sup>2</sup>	150 <sup>2</sup>	2400 <sup>2</sup>	600 <sup>2</sup>	50 <sup>2</sup>	1900 <sup>2</sup>	4700	1400	400	1

2: Guidebooke (EMEP/CORINAIR)

Metalstøberier (040306):

mg/ton	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn	Ref.
1990 + 1997		1000	-	10000	-	-	15000			1



## Bilag 4 Brændselsforbrug i 1990 og 1997

### Brændselsforbrug (PJ):

#### 1997

#### ENS overført til CORINAIR

		Kul	Orimulsion	Petrokoks	Fuelolie og Spildolie	Gas & dieselolie	Petroleum	Benzin og LV
0101	Public power	263,075000	40,489000	0,000000	7,570000	0,230000	0,000000	0,000000
0102	District heating plants	0,133000	0,000000	0,000000	1,726000	1,343000	0,000000	0,000000
0103	Petroleum refining plants	0,000000	0,000000	0,000000	1,622000	0,087000	0,000000	0,000000
0104	Solid fuel transformation plants	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,004591	0,000000	0,022225
0105	Coal mining/oil gas extraction.....	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0201	Commercial and institutional plants	0,043372	0,000000	0,097770	0,856493	6,191448	0,096459	0,000000
0202	Residential plants	0,161653	0,000000	0,336869	0,039813	42,610018	0,238595	0,000000
0203	Plants in agriculture, forestry and aquaculture	1,243163	0,000000	0,322604	2,492455	0,000000	0,025126	0,000000
0301	Combustion in boilers, gas turbines and stationary engines	14,589951	0,000000	5,263488	12,157989	4,737733	0,027840	0,000000
090206	Flaring in gas and oil extraction	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
07+08	Transport	0,000000	0,000000	0,000000	33,852280	131,297087	0,052026	82,66033
	<b>1997 Total-transport</b>	<b>279,246139</b>	<b>40,489000</b>	<b>6,020730</b>	<b>26,464749</b>	<b>55,203790</b>	<b>0,388020</b>	<b>0,022225</b>

#### 1990

#### ENS overført til CORINAIR

		Kul	Orimulsion	Petrokoks	Fuelolie og Spildolie	Gas & dieselolie	Petroleum	Benzin og LV
0101	Public power	230,424000	0,000000	0,000000	7,998000	0,300000	0,000000	0,000000
0102	District heating plants	6,017000	0,000000	0,000000	2,006000	1,941000	0,000000	0,000000
0103	Petroleum refining plants	0,000000	0,000000	0,000000	1,309202	0,000000	0,000000	0,000000
0104	Solid fuel transformation plants	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,006098	0,000000	0,00440
0105	Coal mining/oil gas extraction.....	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0201	Commercial and institutional plants	0,088564	0,000000	0,062023	1,023375	11,794783	0,551300	0,000000
0202	Residential plants	0,746244	0,000000	0,760877	0,244619	47,496259	3,960798	0,000000
0203	Plants in agriculture, forestry and aquaculture	2,517822	0,000000	0,837124	1,223716	0,000000	0,042526	0,000000
0301	Combustion in boilers, gas turbines and stationary engines	15,042866	0,000000	2,799498	18,616863	5,149524	0,069635	0,000000
090206	Flaring in gas and oil extraction	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
07+08	Transport	0,000000	0,000000	0,000000	32,508996	108,708725	0,488070	72,64426
	<b>1990 Total-transport</b>	<b>254,836496</b>	<b>0,000000</b>	<b>4,459522</b>	<b>32,421776</b>	<b>66,687663</b>	<b>4,624259</b>	<b>0,00440</b>

**Brændselsforbrug (PJ):****1997****ENS overført til CORINAIR**

		JP1 og JP4	Flyvebenzin	LPG	Raffinaderigas	Naturgas	Halm	Tra
0101	Public power	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	55,676000	3,507000	0,39800
0102	District heating plants	0,000000	0,000000	0,000000	0,040000	4,322000	3,919000	4,60300
0103	Petroleum refining plants	0,000000	0,000000	0,018000	16,812580	0,000000	0,000000	0,00000
0104	Solid fuel transformation plants	0,000000	0,000000	0,007084	0,000000	1,015938	0,000000	0,00000
0105	Coal mining/oil gas extraction.....	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	19,751944	0,000000	0,00000
0201	Commercial and institutional plants	0,000000	0,000000	0,128464	0,000000	9,236323	0,000000	0,55525
0202	Residential plants	0,000000	0,000000	0,510109	0,000000	28,420646	3,554959	10,18665
0203	Plants in agriculture, forestry and aquaculture	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	6,205442	2,369973	0,02688
0301	Combustion in boilers, gas turbines and stationary engines	0,000000	0,000000	0,000000	0,052728	40,013913	0,000000	5,30917
090206	Flaring in gas and oil extraction	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	8,725000	0,000000	0,00000
07+08	Transport	31,758793	0,139039	2,991886	0,000000	0,000000	0,000000	0,00000
	<b>1997 Total-transport</b>	0,000000	0,000000	0,663656	16,905308	173,367207	13,350932	21,07896

**1990****ENS overført til CORINAIR**

0101	Public power	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	6,542000	0,479000	0,00000
0102	District heating plants	0,000000	0,000000	0,009000	0,000000	11,033000	3,524000	3,21700
0103	Petroleum refining plants	0,000000	0,000000	0,000000	13,978108	0,000000	0,000000	0,00000
0104	Solid fuel transformation plants	0,000000	0,000000	0,171350	0,000000	1,564368	0,000000	0,00000
0105	Coal mining/oil gas extraction.....	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	9,132514	0,000000	0,00000
0201	Commercial and institutional plants	0,000000	0,000000	0,082757	0,000000	4,134265	0,000000	0,20448
0202	Residential plants	0,000000	0,000000	0,669665	0,000000	15,480644	5,086890	7,21593
0203	Plants in agriculture, forestry and aquaculture	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	2,222649	3,391260	0,07854
0301	Combustion in boilers, gas turbines and stationary engines	0,000000	0,000000	0,000000	0,190892	25,894307	0,000000	5,77600
090206	Flaring in gas and oil extraction	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	4,218000	0,000000	0,00000
07+08	Transport	28,828111	0,154775	3,525532	0,000000	0,000000	0,000000	0,00000
	<b>1990 Total-transport</b>	0,000000	0,000000	0,932772	14,169000	80,221746	12,481150	16,49195

**Brændselsforbrug (PJ):****1997****ENS overført til CORINAIR**

	Energiafgrøder	Affald	Biogas	Solenergi
0101 Public power	0,000000	14,431000	0,983000	0,000000
0102 District heating plants	0,019000	11,565000	0,174000	0,005233
0103 Petroleum refining plants	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0104 Solid fuel transformation plants	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0105 Coal mining/oil gas extraction.....	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0201 Commercial and institutional plants	0,000000	1,635701	1,001667	0,000000
0202 Residential plants	0,000000	0,000000	0,010000	0,270000
0203 Plants in agriculture, forestry and aquaculture	0,000000	0,000000	0,083232	0,000000
0301 Combustion in boilers, gas turbines and stationary engines	0,000000	0,000000	0,142071	0,000000
090206 Flaring in gas and oil extraction	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
07+08 Transport	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
<b>1997 Total-transport</b>	<b>0,019000</b>	<b>27,631701</b>	<b>2,393970</b>	<b>0,275233</b>

**1990****ENS overført til CORINAIR**

0101 Public power	0,000000	0,300000	0,235646	0,000000
0102 District heating plants	0,744000	14,706000	0,030000	0,005800
0103 Petroleum refining plants	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0104 Solid fuel transformation plants	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0105 Coal mining/oil gas extraction.....	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0201 Commercial and institutional plants	0,000000	0,000000	0,280000	0,000000
0202 Residential plants	0,000000	0,000000	0,006000	0,099360
0203 Plants in agriculture, forestry and aquaculture	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0301 Combustion in boilers, gas turbines and stationary engines	0,000000	0,000000	0,200270	0,000000
090206 Flaring in gas and oil extraction	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
07+08 Transport	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
<b>1990 Total-transport</b>	<b>0,744000</b>	<b>15,006000</b>	<b>0,751916</b>	<b>0,105160</b>

## Bilag 5 Tungmetalemissioner til atmosfæren fordelt på sektorer for 1990 og 1997

### Danske tungmetalemissioner, 1990

	As [kg]	Cd [kg]	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	Se [kg]	Zn [kg]
Forbrænding-kraftværker og raffinaderier	878	604	4653	2915	2542	8356	12363	2654	14935
Forbrænding-bebølses og institutioner	121	104	156	177	197	1725	280	310	1836
Forbrænding-industri	386	331	1183	455	168	12550	2508	1134	1760
Produktionsprocesser	0	43	0	39	246	758	3026	0	12041
Vejtransport	0	30	149	5054	0	208	103521	30	2973
Andre mobile kilder	62	11	60	1029	17	2882	2535	105	808
Total	1447	1123	6200	9670	3171	26479	124234	4233	34353

### Danske tungmetalemissioner, 1997

	As [kg]	Cd [kg]	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	Se [kg]	Zn [kg]
Forbrænding-kraftværker og raffinaderier	432	312	1760	1589	1595	8401	3734	1972	11228
Forbrænding-bebølses og institutioner	118	149	222	239	285	2359	488	274	2706
Forbrænding-industri	284	237	891	346	135	8292	1748	828	1525
Produktionsprocesser	0	35	0	45	84	228	704	0	5656
Vejtransport	0	33	168	5700	0	235	55	33	3353
Andre mobile kilder	32	12	58	1319	18	965	1822	88	955
Total	865	778	3098	9238	2117	20480	8551	3195	25423

# Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser  
Frederiksborgvej 399  
Postboks 358  
4000 Roskilde  
Tlf.: 46 30 12 00  
Fax: 46 30 11 14

*Direktion og Sekretariat*  
*Forsknings- og Udviklingssektion*  
*Afd. for Atmosfærisk Miljø*  
*Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*  
*Afd. for Miljøkemi*  
*Afd. for Systemanalyse*  
*Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Vejlsovej 25  
Postboks 314  
8600 Silkeborg  
Tlf.: 89 20 14 00  
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Sø- og Fjordøkologi*  
*Afd. for Terrestrisk Økologi*  
*Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser  
Grenåvej 12, Kalø  
8410 Rønde  
Tlf.: 89 20 17 00  
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi*  
*Afd. for Kystzoneøkologi*

## Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

## Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

### 1999

- Nr. 272: Forbrug af økologiske fødevarer. Del 1: Den økologiske forbruger. Af Wier, M. & Calverley, C. 130 s., 120,00 kr.
- Nr. 273: Mink *Mustela vison* og ilder *M. putorius*. Mink- og ilderjagten i Danmark 1996/97 og problemer med de to arter i forhold til små fjerkræhold. Af Hammershøj, M. & Asferg, T. 54 s., 60,00 kr.
- Nr. 274: Modeller til bestemmelse af Naturkvalitet på udvalgte Naturtyper ved anvendelse af Neurale netværk. Af Mark, S. & Strandberg, M. 70 s., 60,00 kr.
- Nr. 275: Indpasning af rekreative aktiviteter i forhold til fugleliv og odder i Skjern Å Naturprojekt - en biologisk udredning. Af Madsen, J., Madsen, J.B. & Petersen, I.K. 38 s., 40,00 kr.
- Nr. 276: Grønlandske gåsebestande - en oversigt. Af Boertmann, D. & Glahder, C. 59 s., 60,00 kr.
- Nr. 277: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1998. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F. 73 s., 100,00 kr.
- Nr. 278: Luftforurening ved en planlagt udvidelse af Billund Lufthavn. Undersøgelse udført af Danmarks Miljøundersøgelser for Billund Lufthavn. Af Berkowicz, R., Fenger, J. & Winther, M. 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 279: Pesticider i drikkevand 2. Præstationsprøvning. Af Nyeland, B.A. 261 s., 80,00 kr.
- Nr. 280: Vurdering af effekten af en vindmøllepark ved Overgaard på forekomsten af fugle i EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 15. Af Clausen, P. & Larsen, J.K. 31 s., 40,00 kr.
- Nr. 281: Control of Pesticides 1998. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T. & Petersen, K.K. 23 pp., 50,00 kr.
- Nr. 282: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1998/99 i Danmark. Wing Survey from the 1998/99 Hunting Season in Denmark. Af Clausager, I. 47 s., 40,00 kr.
- Nr. 283: Krager, husskader og småvildt. En vurdering af prædationens effekt på småvildtbestande og muligheden for at begrænse effekten ved jagt og regulering. Af Asferg, T. 49 s., 60,00 kr.
- Nr. 284: Anskydning af vildt. Status for undersøgelser 1999. Af Noer, H., Hartmann, P., Christensen, T.K., Kanstrup, N. & Hansen, E.B. 61 s., 80,00 kr.
- Nr. 285: Naturkvalitet - kriterier og metodeudvikling. Af Nygaard, B., Mark, S., Baattrup-Pedersen, A., Dahl, K., Ejrnæs, R., Fredshavn, J., Hansen, J., Lawesson, J., Münier, B., Møller, P.F., Risager, M., Rune, F., Skriver, J., Søndergaard, M. 116 s., 130,00 kr.
- Nr. 286: Chlorerede, phosphorholdige og andre pesticider i drikkevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 323 s., 150,00 kr.
- Nr. 287: The Danish CORINAIR Inventories. Time Series 1975-1996 of Emissions to the Atmosphere. By Winther, M., Illerup, J.B., Fenhann, J. & Kilde, N. 81 pp., 100,00 DDK.
- Nr. 288: Mere og bedre natur i landbrugslandet - dokumenteret grundlag for en ekstra indsats. Reddersen, J., Tybirk, K., Halberg, N. & Jensen, J. (i trykken).
- Nr. 289: Atmosfærisk deposition af kvælstof 1998. NOVA 2003. Af Skov, H., Hertel, O., Ellermann, T., Skjødt, C.A. & Heidam, N.Z. (i trykken)
- Nr. 290: Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003. Af Markager, S. et al. (i trykken)
- Nr. 291: Søer 1998. NOVA 2003. Af Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (i trykken)
- Nr. 292: Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (red.) (i trykken)
- Nr. 293: Landovervågningsoplande 1998. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. (i trykken)
- Nr. 294: Bilparkmodel. Beregning af udvikling og emissioner. ALTRANS. Af Kveiborg, O. (i trykken)
- Nr. 295: Kvalitetsparametre for haglammunition. En undersøgelse af spredning og indtrængningsevne som funktion af haglenes størrelse og form. Af Hartmann, P., Kanstrup, N., Asferg, T. & Fredshavn, J. (i trykken)
- Nr. 296: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1998. By Kemp, K. & Palmgren, F. (in press)

Der er udarbejdet emissionsfaktorer ud fra de produktionsmetoder der anvendes i Danmark og de emissioner, der reelt forekommer fra anlæg og andre aktiviteter. De væsentligste kilder til emission til luft af tungmetaller er: Kraft- og fjernvarmeværker (kul, olie og affald), jern- og metalforarbejdning, cementproduktion og glasproduktion samt vejtransport og anden transport. Ud fra emissionsfaktorer estimeret for danske anlæg og fra emissionsfaktorer anbefalet i the Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR) er de totale danske emissioner af tungmetaller til atmosfæren opgjort for 1990 og 1997. Generelt er de vigtigste kilder til tungmetalemissioner affald og forbrænding af fossile brændsler. På trods af et øget brændselsforbrug, er der sket et markant fald i emissionerne. Reduktionerne ligger mellem 4% og 93% for henholdsvis Cu og Pb. Årsagen til de mindskede udslip skyldes i vid udstrækning øget anvendelse af røgnrensingsudstyr på kraft- og fjernvarmeanlæg (herunder affaldsforbrændingsanlæg) samt indførelse af blyfri benzin.

Miljø- og Energiministeriet  
Danmarks Miljøundersøgelser

ISBN 87-7772-513-1  
ISSN 0905-815X