



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme

Eltra PSO projekt 3141

Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker

Delrapport 6

*Faglig rapport fra DMU, nr. 442
2003*

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme

Eltra PSO projekt 3141

Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker

Delrapport 6

***Faglig rapport fra DMU, nr. 442
2003***

*Malene Nielsen
Jytte Boll Illerup*

Datablad

Titel:	Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme
Undertitel:	Eltra PSO projekt 3141. Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker. Delrapport 6.
Forfattere:	Malene Nielsen og Jytte Boll Illerup
Afdeling:	Afdeling for Systemanalyse
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 442
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	Maj 2003
Redaktionen afsluttet:	April 2003
Faglig kommentering:	Hanne Bach, DMU, Kim Behnke, Eltra, Per G. Kristensen, Dansk Gasteknisk Center a/s, Jan Jensen, Dansk Gasteknisk Center a/s, Henrik Houmann Jacobsen, dk-TEKNIK, Lars P. Johansen, dk-TEKNIK, Ole Jensen, Danske Fjernvarmeværkers Forening, Christian Lange Fogh, Risø, Bo Sander, Elsam og Asger Myken, DONG.
Finansiel støtte:	Eltra PSO og Eltra
Bedes citeret:	Nielsen, M. & Illerup, J.B. 2003. Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme. Eltra PSO projekt 3141. Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker. Delrapport 6. Danmarks Miljøundersøgelser. 116 s. –Faglig rapport fra DMU nr. 442. http://faglige-rapporter.dmu.dk Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Der er udarbejdet nye emissionsfaktorer for decentrale kraftvarmeværker <25 MW _e . Emissionsfaktorerne er baseret på såvel projektmålinger som eksisterende målinger foretaget på danske værker. Følgende anlægstyper er omfattet af udredningen: Affaldsbaseret kraftvarme, halm- og træfyrede kraftvarmeværker, naturgasdrevne motorer og turbiner samt biogasdrevne motorer. Der er udarbejdet emissionsfaktorer for en lang række stoffer herunder SO ₂ , NO _x , NMVOC, CH ₄ , CO, partikler, aldehyd, dioxin og metaller. De decentrale værkers samlede emissioner er bestemt og sammenholdt med den totale danske emission fra øvrige emissionskilder.
Emneord:	Emission, decentral kraftvarme, emissionsopgørelse.
Layout:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
Korrektur:	Hanne Bach og Ann-Katrine Holme Christoffersen
ISBN:	87-7772-734-7
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	116
Internetversion:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR442.pdf
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Strandgade 29 1401 København K Tlf.:32 66 02 00 Frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indhold

	Forord	5
1	Baggrund	10
2	Datagrundlag	11
	2.1 Energistatistik	11
	2.2 Emissionsmålinger	11
3	Anlægs kategorier	13
4	Emissionsfaktorer	15
	4.1 Affaldsforbrændingsanlæg	19
	4.2 Biomassefyrede kraftvarmeværker (halm og træ)	24
	4.3 Naturgasdrevne motorer	28
	4.4 Biogasdrevne motorer	31
	4.5 Naturgasdrevne gasturbiner	35
	4.6 Kul- og fueloliefyrede værker	37
	4.7 Sammenligning med kraftværkernes emissionsfaktorer	37
5	Dækningsgrad	39
6	Emissionsopgørelse for decentral kraftvarme	41
	6.1 År 2000	41
	6.2 År 1990-1999	44
	6.2.1 Naturgasmotorer	44
	6.2.2 Biogasmotorer	46
	6.2.3 Gasturbiner	47
	6.2.4 Affaldsforbrændingsanlæg	47
	6.2.5 Halm- og træfyrede værker	49
	6.3 Årlige opdateringer	49
	6.4 Fremtid	49
	6.4.1 Lovgivning	49
	6.4.2 Gasmotorer og gasturbiner	49
	6.4.3 Affaldsforbrænding	50
7	Værkernes andel af samlet dansk emission	52
8	Konklusion	54
	Referencer	56
	Bilag 1 Omregningsformler	57
	Bilag 2 Emissionsfaktorer for affaldsforbrændingsanlæg	58
	Bilag 3 Emissionsfaktorer for træfyrede biomasseværker	65
	Bilag 4 Emissionsfaktorer for halmfyrede biomasseværker	66
	Bilag 5 Emissionsfaktorer for naturgasdrevne motorer	67

Bilag 6	Emissionsfaktorer for biogasdrevne motorer	80
Bilag 7	Emissionsfaktorer for naturgasdrevne gasturbiner	86
Bilag 8	Anlægsoversigt for affaldsforbrændingsanlæg og biomassefyrede værker	90
Bilag 9	Emissionsfaktorer i vægtenhed pr. m _n ³ røggas	92
Bilag 10	Brændselsforbrug fordelt på anlægsgrupper	98
Bilag 11	Udvælgelse af anlæg til måleprogrammet	100

Forord

Dansk Gasteknisk Center (DGC), dk-Teknik, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Risø og Danske Fjernvarmeværkers Forening (DFF) har gennemført en udredning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker. Projektet er udført for Eltra og er finansieret dels af PSO midler dels af Eltra.

Projektets mål har været at udarbejde pålidelige emissionsfaktorer for decentrale kraftvarmeværker defineret som værker mindre end 25MW_e. Emissionsfaktorerne er udarbejdet på baggrund af såvel projektmålinger som indsamlede eksisterende data. Emissionsfaktorerne vil kunne danne baggrund for Eltras miljødeklaration. Projektresultaterne vil endvidere kunne anvendes til prioritering af fremtidige F&U-behov i relation til decentral kraftvarmeproduktion.

Projektet er rapporteret i et nyhedsbrev udsendt af DGC suppleret med 6 delrapporter samt en række målerapporter. Denne delrapport omhandler udarbejdelse af emissionsfaktorer samt datagrundlag for disse. Endvidere er der udarbejdet en emissionsopgørelse for de decentrale kraftvarmeværker og emissionerne herfra sat i forhold til de samlede danske emissioner.

Følgende har deltaget i projektfølgegruppen:

- Asger Myken, DONG
- Fritz Unold, Elsam/Dafonet
- Erik Thomsen, Miljøstyrelsen
- Vibeke Vestergaard Nielsen, Miljøstyrelsen
- Bo Sander, Elsam/Techwise
- Kim Behnke, Eltra
- Thomas Hartmann, Elkraft System
- Johan Henrik Lous, Energi E2
- Henrik Flyver Christiansen, Energistyrelsen

Sammendrag

DMU udarbejder årligt emissionsopgørelser baseret på bl.a. energistatistikken og emissionsfaktorer for forskellige anlægstyper og brændsler. Eltra bruger emissionsfaktorer i forbindelse med udarbejdelsen af miljøvaredeklarationen for el. Da en betydelig del af elproduktionen i dag sker på decentrale kraftvarmeværker har der været behov for at udarbejde veldokumenterede emissionsfaktorer for disse værker.

Der er udarbejdet emissionsfaktorer for decentrale kraftvarmeværker mindre end 25MW_e. Følgende anlægstyper er omfattet af udredningen: Affaldsbaseret kraftvarme, halm- og træfyrede kraftvarmeværker, naturgasdrevne motorer og turbiner samt biogasdrevne motorer.

Emissionsfaktorerne er udarbejdet på baggrund af såvel indsamlede eksisterende målinger som projektmålinger. Følgende emissioner betragtes: SO₂, NO_x, NMVOC, CH₄, CO, N₂O, partikler, aldehyd, dioxin, HCl, HF, lugt, metaller, smøreolie, 1,3-butadien samt PAH. Datasættet er ganske omfattende og der er redegjort for dækningsgraden for hver af emissionerne på de forskellige anlægstyper. Et uddrag af emissionsfaktorerne er vist i tabel 1.

Tabel 1 Uddrag af emissionsfaktorerne for decentral kraftvarme, år 2000

Emission	Enhed	Naturgasmotorer	Biogasmotorer	Gasturbiner	Affald KV	Halm KV	Træ KV
NO _x	g/GJ	168	540	124	124	131	69
UHC (C)	g/GJ	485	254	<2,3	<1,2	<0,93	<4,1
- CH ₄ 2)	g/GJ	520	323	1,5	<0,6	<0,5	<2,1
- NMVOC 2)	g/GJ	117	14	1,4	<1	<0,8	<3,4
CO	g/GJ	175	>273	6	<8	63	79
N ₂ O	g/GJ	1,3	0,5	2,2	<1,3	1,4	<0,8
TSP	g/GJ	0,76	2,63	0,10	<2,02	3,97	7,94
PM1	mg/GJ	143	132	38	1003	77	1033
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,023	<0,003	<0,005	<0,006	<0,154	<0,008
Formaldehyd	g/GJ	24	21,15	0,01	x	x	x
SO ₂	g/GJ	x	19	x	<24	47	<1,8
HCl	g/GJ	x	x	x	<4,4	46	<0,9
HF	g/GJ	x	x	x	<0,3	<0,2	<0,09
Cd	mg/GJ	x	x	x	<4,8	<0,8	<1
Hg	mg/GJ	x	x	x	<7,4	<0,6	<0,8
Pb	mg/GJ	x	x	x	<123	<6,2	<3,7
Dioxin	µg/GJ	x	x	x	0,157	0,022	0,001
Lugt	LE/m ³	8229	18516	2027	x	x	x
Smøreolie	g/GJ	12	x	x	x	x	x

For hver af anlægstyperne er der udarbejdet emissionsfaktorer for forskellige undergrupper. For naturgasmotorer er udarbejdet emissionsfaktorer for forskellige motortyper, mens biogasmotorer er opdelt efter fabrikat og gasturbiner efter type. Affaldsforbrændingsanlæg er opdelt efter type af røggasrensning.

Emissionsfaktorerne for decentrale kraftvarmeværker er sammenlignet med emissionsfaktorer for kraftværker. Emissionsfaktorerne for CO og for de uforbrændte kulbrinter CH₄ og NMVOC er væsentligt højere for

decentral kraftvarme end for kraftværker. Det skyldes gasmotorenes relativt høje emissionsfaktorer for disse stoffer. Emissionsfaktorerne for Cd og Pb er ligeledes væsentligt højere for decentrale værker end for kraftværkerne og det skyldes affaldsforbrændingsanlæggenes relativt høje emissionsfaktorer for disse stoffer. SO₂ emissionsfaktoren er lavere for decentrale værker end for kraftværkerne. NO_x emissionsfaktorerne ligger på samme niveau for de to anlægstyper men er dog lidt lavere for kraftværker end for decentrale værker.

På baggrund af de reviderede emissionsfaktorer er der udarbejdet en emissionsopgørelse for decentral kraftvarme i Danmark. Gasmotorer er den væsentligste emissionskilde af NO_x, UHC, CO, N₂O, aldehyd og PAH. Affaldsforbrændingsanlæg er den største kilde til emission af partikler, SO₂, dioxin, HF og metaller. Halmfyrede værker er den største kilde til emission af HCl.

De decentrale værkers samlede emission er sammenlignet med de samlede danske emissioner. Pb emissionen fra decentral kraftvarme udgør 38% af den samlede danske emission. Også emissionen af Cd, Hg og As udgør over 15% af den samlede danske emission. Øvrige væsentlige emissionsbidrag fra decentral kraftvarme er CH₄ og NO_x der udgør hhv. 6% og 7% af den samlede danske emission.

Betragtes alene stationær forbrænding (ikke transport relateret brændselsforbrug) fremgår det at 80% af anlæggenes CH₄ emission stammer fra decentral kraftvarme – primært gasmotorer. Pb fra decentral kraftvarme udgør 53% af emissionen fra stationær forbrænding.

To nyere bekendtgørelser gør at nogle af emissionsfaktorerne for affaldsforbrændingsanlæg, gasmotorer og gasturbiner forventes at falde de kommende år.

Mange emissionsmålinger for metaller har været under detektionsgrænsen. I disse tilfælde er emissionen sat lig med detektionsgrænsen. Denne praksis giver anledning til en overvurdering af emissionsfaktorerne. Det forhold at mange Pb målinger ligger under detektionsgrænsen giver i sig selv anledning til en væsentlig usikkerhed på den samlede danske emissionsopgørelse for Pb.

Summary

Annually NERI reports emission inventories based on the Danish energy statistics and on emission factors for different fuels and plants. Eltra (Independent transmission system operator in western Denmark) use emission factors for the annual Environmental Impact Statement for electricity. A considerable part of the electricity production in Denmark is based on decentralized CHP plants (Combined Heat and Power production) and thus well documented emission factors for these plants have been required.

Emission factors for CHP plants <25MW_e have been estimated. The following plant types are included in the work: municipal waste incineration plants, CHP plants combusting wood and straw, natural gas and biogas fuelled (reciprocating) engines and natural gas fuelled gas turbines. The estimated emission factors are based on existing emission measurements as well as on emission measurements carried out within the project. The following pollutants are included: SO₂, NO_x, NMVOC, CH₄, CO, N₂O, particulate matter, aldehyde, dioxin, HCl, HF, odour, metals, lube oil, 1,3-butadien and PAH. The number of emission data sets is comprehensive and detailed information about a number of emission measurements and the share of fuel consumption they represent are included in the tables in appendices. An extract of the emission factors is shown in Table 1.

Table 1 Extract of the emission factors for decentralized CHP plants, year 2000

Emission	Unit	Natural gas engines	Biogas engines	Gas turbines	Municipal waste incineration plants	CHP combusting straw	CHP combusting wood
NO _x	g/GJ	168	540	124	124	131	69
Unburned hydrocarbon (C-equivalent)	g/GJ	485	254	<2,3	<1,2	<0,93	<4,1
- CH ₄ 2)	g/GJ	520	323	1,5	<0,6	<0,5	<2,1
- NMVOC 2)	g/GJ	117	14	1,4	<1	<0,8	<3,4
CO	g/GJ	175	>273	6	<8	63	79
N ₂ O	g/GJ	1,3	0,5	2,2	<1,3	1,4	<0,8
TSP	g/GJ	0,76	2,63	0,10	<2,02	3,97	7,94
PM1	mg/GJ	143	132	38	1003	77	1033
PAH (benz[a]pyren equivalent)	mg/GJ	<0,023	<0,003	<0,005	<0,006	<0,154	<0,008
Formaldehyde	g/GJ	24	21,15	0,01	x	x	x
SO ₂	g/GJ	x	19	x	<24	47	<1,8
HCl	g/GJ	x	x	x	<4,4	46	<0,9
HF	g/GJ	x	x	x	<0,3	<0,2	<0,09
Cd	mg/GJ	x	x	x	<4,8	<0,8	<1
Hg	mg/GJ	x	x	x	<7,4	<0,6	<0,8
Pb	mg/GJ	x	x	x	<123	<6,2	<3,7
Dioxin	µg/GJ	x	x	x	0,157	0,022	0,001
Odour	OU/m ³	8229	18516	2027	x	x	x
Lube oil	g/GJ	12	x	x	x	x	x

Emission factors for subgroups of each plant type have been prepared. Thus emission factors for different natural gas engine types, different gas turbine and biogas engine manufactures are estimated. Further,

emission factors for municipal waste incineration plants equipped with different flue gas cleaning systems are worked out.

Emission factors for decentralized CHP plants have been compared to emission factors for power plants. The emission factors for CO and the unburned hydrocarbons CH₄ and NMVOC are considerably higher for decentralized CHP plants than for power plants. This is due to the relatively high gas engine emission factors for these pollutants. Emission factors for Cd and Pb are also considerably higher for decentralized CHP plants than for power plants and this is due to the relatively high municipal waste emission factors for these pollutants. The SO₂ emission factor is lower for decentralized CHP plants than for power plants. The NO_x emission factors for power plants and decentralized CHP plants respectively do not differ considerably but the emission factor for power plants is however somewhat lower than for decentralized CHP plants.

Based on the revised emission factors an emission inventory for decentralized CHP plants in Denmark has been prepared. Gas engines are the main emission source of NO_x, unburned hydrocarbons, CO, N₂O, aldehyde and PAH. Municipal waste incineration plants are the main emission source for particulate matter, SO₂, dioxin, HF and metals. Straw combusting plants are the main source of emission of HCl.

The emissions from CHP plants have been compared with the total Danish emissions. The Pb emission from decentralized CHP plants accounts for 38% of the overall Danish Pb emission. The emission of Cd, Hg and As also accounts for more than 15% of the overall Danish emission. Other pollutants for which CHP plants are a considerable emission source are CH₄ (6%) and NO_x (7%).

The emissions from decentralized CHP plants are also compared with stationary combustion plants in Denmark including public power, district heating, industrial combustion, residential combustion and combustion in commercial and institutional plants. It appears that 80% of the CH₄ from stationary combustion plants is emitted from decentralized CHP plants – primarily from gas engines. The Pb emission from decentralized CHP accounts for 53% of the total emission from stationary combustion plants.

New Danish legislation is expected to cause a decrease of some emission factors for municipal waste incineration plants, gas engines and gas turbines within the next few years.

The results of many heavy metal emission measurements have been below the detection limit. The calculation of emission factors is based on the assumption that the emission equals the emission detection limit in these cases. This may have caused an overestimate of some emission factors. The fact that many Pb emission measurements are below the detection limit causes a considerable uncertainty of the total Danish emission inventory for Pb.

1 Baggrund

Eltra udarbejder årligt en miljøvaredeklaration til brug for bl.a. virksomhedernes grønne regnskaber. Eltras miljøvaredeklaration anfører emissioner pr. produceret kWh el. I Eltras område er 26% af elproduktionen baseret på decentrale kraftvarmeværker (2002) og det er derfor væsentligt at have pålidelige veldokumenterede emissionsfaktorer for disse værker.

DMU udarbejder årligt emissionsopgørelser som rapporteres dels under Konventionen om langtransporteret, grænseoverskridende luftforurening (CLRTAP) og dels under UNFCCC (Klimakonventionen). Emissionsopgørelserne under Klimakonventionen omfatter CO₂, CH₄ og N₂O samt industrigasser. Supplerende rapporteres NO_x, CO, NMVOC og SO₂. Emissionsopgørelserne under CLRTAP omfatter bl.a. NO_x, CO, NMVOC, SO₂, TSP, PM₁₀, PM_{2,5}, Pb, Cd, Hg, dioxin og PAH.

Emissionsopgørelser for energianlæg baseres på energistatistikken og emissionsfaktorer for hver enkelt brændsel/anlægstype/sector. Flere af de emissionsfaktorer DMU hidtil har benyttet for decentrale kraftvarmeværker er baseret på generelle guidebøger, emissionsgrænseværdier eller ældre danske udredninger. For at forbedre kvaliteten af emissionsfaktorerne har det været nødvendigt at foretage målinger på danske anlæg.

2 Datagrundlag

Datagrundlaget for de udarbejdede emissionsfaktorer er dels energistyrelsens energiproducenttælling dels emissionsmålinger. Udarbejdelsen af de nye emissionsfaktorer er baseret på både eksisterende målinger og projektmålinger.

2.1 Energistatistik

Energistyrelsen opdaterer årligt energiproducenttællingen som omfatter anlæg der producerer el og/eller fjernvarme. Energiproducenttællingen indeholder oplysninger om de enkelte værkers elkapacitet, elproduktion, brændselsforbrug og anlægstype (kedel/motor/gasturbine).

Udgangspunktet for udarbejdelsen af emissionsfaktorer har været energiproducenttællingen år 2000. Her er elproducerende værker med en elkapacitet under 25MW_e valgt ud forudsat at de bruger mindst et af brændslerne naturgas, biogas, affald, halm eller træ. Der findes enkelte decentrale kraftvarmeværker der er kul- eller fueloliefyrede, men der er ikke udarbejdet emissionsfaktorer for disse.

I energiproducenttællingen skelnes der mellem hhv. træpiller, skovflis og træ- og biomasseaffald. Disse brændsler ses her under et.

2.2 Emissionsmålinger

Datagrundlaget omfatter såvel projektmålinger som eksisterende målinger. De eksisterende målinger er indsamlet i starten af projektperioden. Projektmålingerne er foretaget på værker der er dominerende for et givet brændsel eller som er dårligt repræsenteret i det eksisterende datagrundlag. Denne udvælgelse af anlæg til projektmålinger er omtalt i bilag 11.

Projektmålingerne er foretaget af dk-Teknik (affald, halm og træ) og DGC (naturgas og biogas). Projektmålingerne er rapporteret i separate målerapporter. Målerapporterne er anonymiseret idet man ikke har ønsket at publicere emissionsdata med angivelse af anlægsnavn men alene at relatere emissionerne til brændsel, anlægstype og røggasrensning.

Indsamling af eksisterende data er sket i et samarbejde mellem DFF, DGC, dk-Teknik, Techwise og Energistyrelsen. Det er dk-Teknik og DGC der har samlet data. De eksisterende målinger er valideret via projektmålingerne og indgår således på lige fod med projektmålingerne.

Følgende emissioner indgår i arbejdet: SO₂, NO_x, NMVOC, CH₄, CO, N₂O, partikler, aldehyd, dioxin, HCl, HF, lugt, metaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl og V), smøreolie, 1,3-butadien samt PAH. De eksisterende målinger har ikke været så omfattende som projektmålingerne. Derfor er datagrundlaget for fx NO_x og partikler langt

større end for andre emissioner som fx PAH. Emissionen af 1,3-butadien fra gasmotorer er ikke tidligere målt og er primært inkluderet for at fastlægge niveauet og dermed kunne afgøre om der er tale om et miljømæssig problematisk niveau.

Nogle målinger har alene vist at en given emission er under detektionsgrænsen. Det gælder bl.a. flere tungmetal- og PAH-målinger. Det kan være problematisk at benytte disse data til udarbejdelse af emissionsfaktorer. Som hovedregel er detektionsgrænsen brugt som emissionsværdi. Emissionen af Pb fra decentrale kraftvarmeværker er en væsentlig kilde til de samlede danske emissioner. Derfor er der supplerende beregnet en emissionsfaktor hvor resultater under en detektionsgrænse er sat til nul. Dermed fremkommer et interval for emissionsfaktoren.

I projektmålingerne for affalds- og biomasseanlæg indgår foruden luftemissionsmålinger også analyse af aske, slagge, restprodukter samt spildevand. Der er redegjort for resultater af disse analyser i delrapport 3.

3 Anlægs kategorier

Ved projektets start er anlægskarakteristika som fx type af røggasrensning eller motortype forsøgt klarlagt. Nedenfor er anført hvilke anlægstyper der skelnes imellem for de forskellige brændsler.

Affaldsforbrændingsanlæg:

- ◆ våd, semitør eller tør røggasrensning
- ◆ posefilter, elektrofilter og/eller cyklon
- ◆ med eller uden dioxinrensning

Der er ikke overblik over hvilke anlæg der har NO_x-rensning.

Halm og træ:

Der skelnes ikke mellem typer. Der er ganske få halm- og træfyrede decentrale kraftvarmeværker.

Naturgasdrevne motorer:

- ◆ Motorfabrikat
- ◆ Motortype

Der er ikke udarbejdet en komplet oversigt over hvilke motorer der er forsynet med oxidationskatalysator. Oxidationskatalysatorer har primært betydning for CO emissionen.

Biogasdrevne motorer:

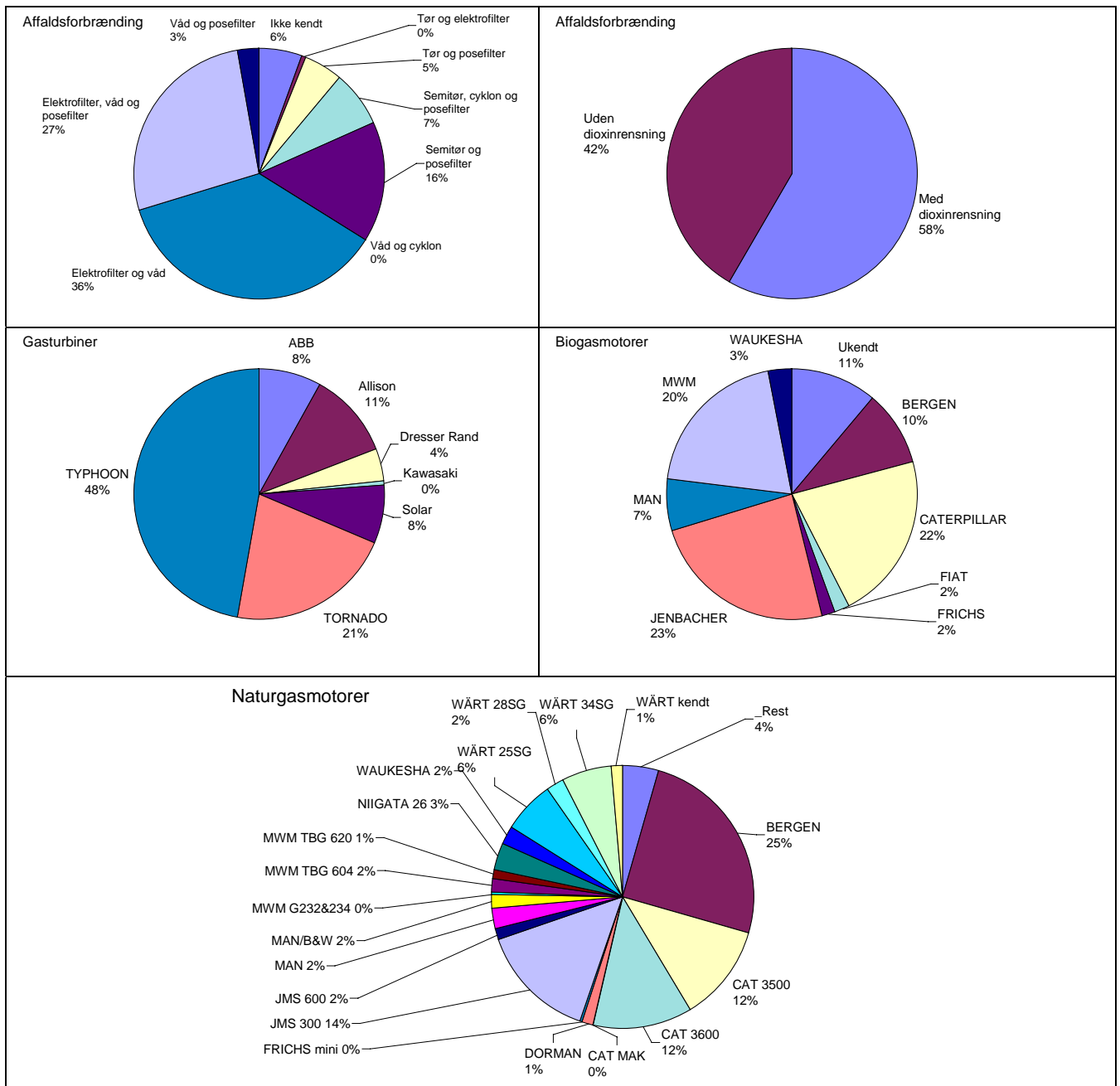
- ◆ Motorfabrikat
- ◆ Motortype

Gasturbine:

- ◆ Fabrikat
- ◆ Turbinetype

Der er ikke overblik over forskellige brændertyper for en given turbine.

Brændselsforbrugenes fordeling på anlægsgrupperne er vist i figur 1.



Figur 1 Brændselsforbrug fordelt på undergrupper

4 Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer for kraftvarmeværker <25MW_e er beregnet på baggrund af projektmålinger og eksisterende målinger.

Der er udarbejdet emissionsfaktorer for følgende anlægstyper:

- ◆ Affaldsforbrændingsanlæg
- ◆ Træfyrede biomasseværker
- ◆ Halmfyrede biomasseværker
- ◆ Naturgasdrevne motorer
- ◆ Biogasdrevne motorer
- ◆ Naturgasdrevne gasturbiner

For hver af ovenstående anlægstyper er der udarbejdet emissionsfaktorer for undergrupper af anlægstypen. Emissionsfaktorer er afhængig af anlægstype udarbejdet for følgende stoffer:

- ◆ SO₂
- ◆ NO_x
- ◆ NMVOC (evt. som summen af NMVOC og CH₄)
- ◆ CH₄ (evt. som summen af NMVOC og CH₄)
- ◆ CO
- ◆ N₂O
- ◆ TSP (partikler, Total Suspended Particulates)
- ◆ Ultrafine partikler (PM10, PM2,5 og PM1)
- ◆ Metaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V)
- ◆ PAH
- ◆ PAH omfatter de 15 PAH'er der er inkluderet i Luftvejledningen.
- ◆ Naphthalen
- ◆ Aldehyd (Formaldehyd, acetaldehyd, acrolein, propanal, acetone, butanal, pentanal, hexanal og benzaldehyd)
- ◆ Dioxin
- ◆ HCl
- ◆ HF
- ◆ Lugt
- ◆ Smøreolie
- ◆ 1,3-butadien

Endvidere er elvirkningsgrad anført i tabellerne for emissionsfaktorer.

Datagrundlaget for de udarbejdede emissionsfaktorer har som nævnt været såvel eksisterende målinger som projektmålinger. Alle målinger er blevet inkluderet, også data fra dage hvor der har vist sig at være driftsforstyrrelser. Emissionsfaktorer angives i g, mg eller µg pr. GJ indfyret effekt. Alle emissionsfaktorer er baseret på fuldlastdrift, dvs. der er ikke taget hensyn til forhøjede emissioner under opstart og stop af anlæg. Start/stop emissioner for gasmotorer er omtalt i delrapport 4.

På nogle værker har der været udført måling flere gange, og her er først beregnet en simpel middelværdi for det enkelte værk.

$$EMF_{v\ddot{a}erk} = \frac{\sum_{i=1}^n EMF_i}{n} \quad (1)$$

hvor
 $EMF_{v\ddot{a}erk}$ er emissionsfaktoren for det aktuelle værk i mg/m_n^3 ved 11% O_2 eller ved 5% O_2
 EMF_i er emissionsfaktoren for det aktuelle værk på datoen i . Emissionsfaktoren er angivet i mg/m_n^3 ved 11% O_2 eller ved 5% O_2
 n er antallet af målinger på det aktuelle værk

Emissionsfaktorerne på værkniveau er omregnet til g/GJ, mg/GJ eller $\mu g/GJ$. Emissionsfaktorer kan omregnes fra mg/m_n^3 ved en given iltprocent til g/GJ ved den generelle empiriske formel (2). Der er dog benyttet de brændselsspecifikke omregningsformler, som er vist i bilag 1.

Generel omregningsformel:

$$EMF_{g/GJ} = \frac{EMF_{mg/m^3} \cdot 0,25 \cdot 21}{21 - O_2} \quad (2)$$

hvor
 EMF_{mg/m^3} er emissionsfaktoren i mg/m_n^3
 O_2 er den iltprocent som emissionsfaktoren i mg/m_n^3 er anført ved
 $EMF_{g/GJ}$ er emissionsfaktoren i g/GJ

Emissionsfaktorer for lugtemission er ikke omregnet fra enheden LE/m_n^3 .

For hver af de seks hovedtyper af kraftvarmeværker er beregnet emissionsfaktorer ud fra en samlet betragtning af anlægstypen. Emissionsfaktorerne for de enkelte værker er vægtet efter brændselsforbruget iht. Energistyrelsens energiproducenttælling år 2000. Emissionsfaktorer er beregnet som:

$$EMF_{type} = \frac{\sum_{i=1}^n EMF_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (3)$$

hvor
 EMF_{type} er emissionsfaktoren for værktypen [g/GJ]
 EMF_i er emissionsfaktoren for værk i [g/GJ]
 Q_i er brændselsforbruget for værk i iht. Energistyrelsens energiproducenttælling år 2000. Kun det relevante brændsel inkluderes dvs. affaldsforbrug for affaldsforbrændingsanlæg, halmforbrug for halmværker osv.
 n er antallet af værker hvor der er foretaget måling af den betragtede emission

Hver hovedtype af kraftvarmeværker er blevet opdelt i en række undergrupper, som forventes at have relativt ens emissionsniveau. Disse undergrupper omfatter bl.a. motortyper, turbinefabrikater og type af røggasrensning. Emissionsfaktorer for undergrupper af anlægstyperne er beregnet som:

$$EMF_{sgr} = \frac{\sum_{i=1}^n EMF_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (4)$$

hvor

EMF_{sgr} er emissionsfaktoren for den aktuelle undergruppe [g/GJ]

EMF_i er emissionsfaktoren [g/GJ] for værk i , der tilhører undergruppen

n er antallet af anlæg i undergruppen hvor der er foretaget måling af den betragtede emission

Q_i er brændselsforbruget iht. Energistyrelsens energiproducenttælling år 2000. Kun det relevante brændsel inkluderes.

Foruden den samlede betragtning i formel (3) er samlede emissionsfaktorer beregnet på baggrund af undergruppernes emissionsfaktorer. Denne metode er velegnet, når den opdeling af anlæggene, der er benyttet, er af relevans for en given emission. Fx er emissionsfaktoren for dioxin fra affaldsforbrændingsanlæg beregnet ud fra dioxin emissionsfaktoren for hhv. anlæg med og anlæg uden dioxinrensning. Dermed opnås at emissionsfaktoren ikke undervurderes hvis der er foretaget relativt mange målinger på værker med dioxinrensning.

De endelige emissionsfaktorer er fastlagt på basis af undergruppernes emissionsfaktorer når opdelingen er relevant for den betragtede emission. Beregning af hovedgruppernes emissionsfaktorer ud fra undergruppernes emissionsfaktorer er foretaget som følger:

$$EMF_{type} = \frac{\sum_{i=1}^n EMF_{sgr_i} Q_{sgr_i}}{\sum_{i=1}^n Q_{sgr_i}} \quad (5)$$

hvor

EMF_{type} er emissionsfaktoren for anlægstypen [g/GJ]

EMF_{sgr_i} er emissionsfaktoren for undergruppe i [g/GJ]

n er antallet af undergrupper for hvilke emissionsfaktorer er udarbejdet

Q_{sgr_i} er undergruppen i 's brændselsforbrug iht. Energistyrelsens energiproducenttælling år 2000. Kun det relevante brændsel inkluderes.

En samlet oversigt over emissionsfaktorer er vist i tabel 2. Der er tale om aggregerede emissionsfaktorer for år 2000 der afhænger af den aktuelle anlægssammensætning. Mere detaljeret gennemgang af datagrundlaget findes i de følgende afsnit. I bilag 9 er emissionsfaktorerne vist i vægtenhed pr mn3 røggas.

De anførte emissionsfaktorer er vist som beregnet, men som hovedregel er usikkerheden på faktorerne så høj at der egentlig ikke er belæg for mere end to betydende cifre.

Table 2 Samlet oversigt over emissionsfaktorer for decentral kraftvarme, år 2000

Emission	Enhed	Naturgasmotorer	Biogasmotorer	Gasturbiner	Affald KV	Halm KV	Træ KV
NO _x	g/GJ	168	540	124	124	131	69
UHC (C)	g/GJ	485	254	<2,3	<1,2	<0,93	<4,1
- CH ₄ 2)	g/GJ	520	323	1,5	<0,6	<0,5	<2,1
- NMVOC 2)	g/GJ	117	14	1,4	<1	<0,8	<3,4
CO	g/GJ	175	>273	6	<8	63	79
N ₂ O	g/GJ	1,3	0,5	2,2	<1,3	1,4	<0,8
TSP	g/GJ	0,76	2,63	0,10	<2,02	3,97	7,94
PM10	mg/GJ	189	451	61	1126	133	1944
PM2,5	mg/GJ	161	206	51	1084	102	1226
PM1	mg/GJ	143	132	38	1003	77	1033
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,023	<0,003	<0,005	<0,006	<0,154	<0,008
- Naphthalen	mg/GJ	7,9	3,3	0,3	3,4	15,2	2,1
- Acenaphthen	mg/GJ	0,063	0,040	0,021	<0,009	0,150	<0,02
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,043	0,003	0,002	<0,084	0,292	<0,013
- Anthracen	mg/GJ	0,036	0,004	0,004	<0,017	0,102	<0,02
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,009	<0,0004	<0,0007	<0,002	0,106	0,001
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,003	0,001	0,001	<0,0009	<0,022	<0,003
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,042	0,001	0,001	<0,002	0,157	0,002
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	0,006	<0,0011	<0,003	<0,002	<0,034	0,002
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	0,024	<0,0004	<0,002	<0,0008	<0,091	<0,003
- Chrysen	mg/GJ	0,108	0,001	0,001	<0,006	0,495	0,005
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,003	<0,0011	<0,003	<0,002	<0,004	<0,002
- Fluoranthen	mg/GJ	0,155	0,006	0,006	0,056	1,742	0,035
- Fluoren	mg/GJ	0,042	0,011	<0,012	<0,076	0,037	<0,005
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	0,006	<0,0011	<0,003	<0,0009	<0,023	<0,002
- Phenanthren	mg/GJ	0,440	0,072	0,018	0,358	1,979	0,133
- Pyren	mg/GJ	0,121	0,002	0,005	0,035	2,071	0,032
Aldehyd							
- Formaldehyd	g/GJ	24	21,15	0,01	x	x	x
- Acetaldehyd	g/GJ	1,88	0,11	0,00	x	x	x
- Acrolein	g/GJ	0,09	0,01	0,00	x	x	x
- Propanal	g/GJ	0,17	0,00	0,00	x	x	x
- Acetone	g/GJ	0,22	0,02	0,01	x	x	x
- Butanal	g/GJ	0,10	0,01	0,01	x	x	x
- Pentanal	g/GJ	0,13	0,00	0,00	x	x	x
- Hexanal	g/GJ	0,02	0,00	0,00	x	x	x
- Benzaldehyd	g/GJ	0,03	0,00	0,00	x	x	x
SO ₂	g/GJ	x	19	x	<24	47	<1,8
HCl	g/GJ	x	x	x	<4,4	46	<0,9
HF	g/GJ	x	x	x	<0,3	<0,2	<0,09

(Tabel 2 fortsat)

Emission	Enhed	Naturgasmotorer	Biogasmotorer	Gasturbiner	Affald KV	Halm KV	Træ KV
As	mg/GJ	x	x	x	<6,8	<2,1	<2,4
Cd	mg/GJ	x	x	x	3) <4,8	<0,8	<1
Co	mg/GJ	x	x	x	<2,1	<2,1	<2,4
Cr	mg/GJ	x	x	x	<2,5	<1,6	<2,4
Cu	mg/GJ	x	x	x	<10,1	<1,7	<2,7
Hg	mg/GJ	x	x	x	3) <7,4	<0,6	<0,8
Mn	mg/GJ	x	x	x	<3,4	<2,2	31
Ni	mg/GJ	x	x	x	<4,8	<1,7	<2,4
Pb	mg/GJ	x	x	x	3) <123	<6,2	<3,7
Sb	mg/GJ	x	x	x	<23	<2,1	<2,4
Tl	mg/GJ	x	x	x	<2,5	<2,1	<2,4
V	mg/GJ	x	x	x	<2,5	<2,1	<2,4
Dioxin	µg/GJ	x	x	x	0,157	0,022	0,001
Lugt	LE/m ³	8229	18516	2027	x	x	x
Smøreolie	g/GJ	12	x	x	x	x	x
1,3-butadien	g/GJ	4) <0,047	<0,02	x	x	x	x
Elvirkningsgrad	%	38,3	36,0	28,8	1) 21,0	1) 20,9	1) 18,2
Brændselsforbrug	TJ	34836	2217	9281	22214	3179	4233

1) Baseret på energiproducenttællings data. 2) CH₄ og NMVOC emissionsfaktorer er beregnet ud fra UHC emissionsfaktorerne. For affald, halm og træ er UHC fordelt på CH₄ og NMVOC efter IPCC Guidelines. For naturgasdrevne motorer og turbiner samt biogasmotorer er UHC fordelt på CH₄ og NMVOC ud fra en række målinger. 3) Sættes emissionen fra anlæg hvor emissionen er under detektionsgrænsen til nul beregnes intervallerne: Pb 51-123 mg/GJ, Cd 2,9-4,8 mg/GJ og Hg 2,9-7,4 mg/GJ. 4) Alle butadien målinger ligger under detektionsgrænsen for analysemetoden, (<1, <0.25 og <0.15 mg/m_n³, 5%O₂). Derfor regnes med den mindste værdi, dvs. <0.15 mg/m_n³, 5% O₂.

4.1 Affaldsforbrændingsanlæg

I bilag 8 er der vist en anlægsliste hvoraf også anlæggenes røggasrensning fremgår. Brændselsforbrugene stammer fra Energistyrelsens energiproducenttælling år 2000. I energiproducenttællingen er registreret fire værker med en elkapacitet over 25MW_e nemlig Måbjergværket, Horsens, Næstved og Sønderborg. For alle værker gælder at den enkelte affaldsline ikke repræsenterer en kapacitet på over 25MW_e og værkerne er derfor inkluderet i datagrundlaget.

SO₂ og NO_x emissioner fra Måbjergværket, Horsens, Næstved og Sønderborg er omfattet af de årlige rapporter til Energistyrelsen (under Kvotebekendtgørelsen). Derfor er der supplerende beregnet emissionsfaktorer for SO₂ og NO_x uden disse fire værker.

Emissionsfaktorer for affaldsforbrændingsanlæg er vist i tabel 3. I tabel 4 er vist emissionsfaktorer for følgende undergrupper:

- ◆ Anlæg med våd røggasrensning og elektrofilter, den gamle type hvor der ikke er flere sektioner af elektrofiltre i serie
- ◆ Anlæg med elektrofilter, våd røggasrensning og posefilter
- ◆ Anlæg med semitør røggasrensning og posefilter (samt evt. cyklon)
- ◆ Affaldsforbrænding restgruppe

Endvidere er der i tabel 3 anført emissionsfaktorer for dioxin og Hg for anlægsgrupperne:

- ◆ Ingen dioxinrensning
- ◆ Dioxinrensning med aktivt kul

samt emissionsfaktorer for sure gasser for anlægsgrupperne:

- ◆ Våd røggasrensning
- ◆ Semitør røggasrensning
- ◆ Tør røggasrensning

Som nævnt omfatter anlægslisten ikke oplysning om hvilke værker der er forsynet med NO_x rensning selvom også denne opdeling ville have været relevant at betragte.

De endelige emissionsfaktorer for sure gasser, TSP, tungmetaller og dioxin er baseret på emissionsfaktorer for undergrupperne i tabel 4. Da der kun er udført måling af ultrafine partikler på tre værker basers emissionsfaktorerne ikke på undergrupper selvom grupperingen også her er relevant.

Alle beregnede emissionsfaktorer for affaldsforbrændingsanlæg og undergrupper findes i bilag 2. Her er også mindste og største måleværdier for de forskellige typer af røggasrensning vist, ligesom spredning, dækningsgrad og antal anlæg med måling er anført. Dækningsgrad for emissionsfaktorerne er nærmere omtalt side 39.

Table 3 Affaldsforbrændingsanlæg

	Enhed	Emissionsfaktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal anlæg med måling 1)	Dækningsgrad [%]
NO _x	g/GJ	124	77	219	35	15 (17 linier)	70,2
UHC (C)	g/GJ	<1,2	0,5	5,5	1,2	14 (16 linier)	64,4
- CH ₄ 3)	g/GJ	<0,6	-	-	-	-	-
- NMVOC 3)	g/GJ	<1	-	-	-	-	-
CO	g/GJ	<8	1,7	19,7	4,0	15 (17 linier)	70,8
N ₂ O	g/GJ	<1,3	0,84	1,75	0,35	5 (5 linier)	33,1
TSP	g/GJ	<2,02	0,0	7,3	2,3	15 (16 linier)	69,2
PM10	mg/GJ	1126	17	5427	3121	3 (3 linier)	25,6
PM2,5	mg/GJ	1084	2	5273	3040	3 (3 linier)	25,6
PM1	mg/GJ	1003	0	4889	2820	3 (3 linier)	25,6
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,006	0,002	0,020	0,007	5 (5 linier)	33,1
- Naphthalen	mg/GJ	3,405	0,198	7,173	2,898	5 (5 linier)	33,1
- Acenaphthen	mg/GJ	<0,009	0,002	0,021	0,008	5 (5 linier)	33,1
- Acenaphthylen	mg/GJ	<0,084	0,000	0,418	0,183	5 (5 linier)	33,1
- Anthracen	mg/GJ	<0,017	0,003	0,050	0,019	5 (5 linier)	33,1
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	<0,002	0,000	0,003	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	<0,0009	0,000	0,001	0,000	5 (5 linier)	33,1
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	<0,002	0,000	0,003	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	<0,002	0,001	0,002	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	<0,0008	0,000	0,002	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Chrysen	mg/GJ	<0,006	0,001	0,020	0,008	5 (5 linier)	33,1
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,002	0,001	0,002	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Fluoranthen	mg/GJ	0,056	0,003	0,278	0,121	5 (5 linier)	33,1
- Fluoren	mg/GJ	<0,076	0,001	0,440	0,195	5 (5 linier)	33,1
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,0009	0,000	0,002	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Phenanthren	mg/GJ	0,358	0,007	1,502	0,644	5 (5 linier)	33,1
- Pyren	mg/GJ	0,035	0,002	0,191	0,083	5 (5 linier)	33,1
SO ₂	g/GJ	<24	1	131	37	16 (19 linier)	73,3
HCl	g/GJ	<4,4	1,3	21,3	6,6	16 (19 linier)	73,3
HF	g/GJ	<0,3	0,1	1,6	0,4	15 (18 linier)	71,8
As	mg/GJ	<6,8	2,2	34,0	11,4	8 (8 linier)	42,5
Cd 5)	mg/GJ	<4,8	1,0	10,5	4,2	8 (8 linier)	42,5
Co	mg/GJ	<2,1	0,0	2,6	1,1	5 (5 linier)	31,5
Cr	mg/GJ	<2,5	2,0	2,6	0,3	8 (8 linier)	42,5
Cu	mg/GJ	<10,1	2,6	29,0	9,0	8 (8 linier)	42,5
Hg 5)	mg/GJ	<7,4	0,7	34,4	11,4	8 (8 linier)	42,5
Mn	mg/GJ	<3,4	2,2	10,5	2,8	8 (8 linier)	42,5
Ni	mg/GJ	<4,8	2,2	15,7	5,0	8 (8 linier)	42,5
Pb 5)	mg/GJ	<123	3	2855	750	14 (16 linier)	56,8
Sb	mg/GJ	<23	3	47	21	4 (4 linier)	29,8
Tl	mg/GJ	<2,5	2,2	2,6	0,2	4 (4 linier)	29,8
V	mg/GJ	<2,5	2,2	2,6	0,2	4 (4 linier)	29,8
Dioxin	µg/GJ	0,157	0,002	0,833	0,245	11 (12 linier)	61,9
Elvirkningsgrad 4)	%	21,0	-	-	-	-	-

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 28 affaldsforbrændingsanlæg. 2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse. 3) Emissionsfaktorer for CH₄ og NMVOC er beregnet ud fra UHC målinger. Fordelingen er hentet fra IPCC Guidelines. 4) Baseret på energiproducenttællingens data. 5) Sættes emissionen fra anlæg hvor emissionen er under detektionsgrænsen til nul beregnes intervallerne: Pb 51-123 mg/GJ, Cd 2,9-4,8 mg/GJ og Hg 2,9-7,4 mg/GJ.

Tabel 4 Affaldsforbrændingsanlæg, røggasrensning

1)	Enhed	Elektrofilter og våd røggasrensning	Elektrofilter, våd røggasrensning og posefilter	Semitør røggasrensning, (cyklon) og posefilter	Restgruppen	Med doxinrensning	Uden doxinrensning	Våd røggasrensning	Semitør røggasrensning	Tør røggasrensning
NO _x	g/GJ	135	148	86	113	x	x	x	x	x
UHC (C)	g/GJ	1,7	0,7	0,8	1,8	x	x	x	x	x
CO	g/GJ	3,9	4,6	16,8	5,4	x	x	x	x	x
N ₂ O	g/GJ	1,8	1,3	1,0	x	x	x	x	x	x
TSP	g/GJ	4,2	0,5	0,8	1,2	x	x	x	x	x
PM10	mg/GJ	5427	24	17	x	x	x	x	x	x
PM2,5	mg/GJ	5273	13	2	x	x	x	x	x	x
PM1	mg/GJ	4889	8	0	x	x	x	x	x	x
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	0,020	0,003	0,003	x	x	x	x	x	x
- Naphthalen	mg/GJ	1,8	0,3	6,0	x	x	x	x	x	x
- Acenaphthen	mg/GJ	0,021	0,002	0,008	x	x	x	x	x	x
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,418	0,001	0,035	x	x	x	x	x	x
- Anthracen	mg/GJ	0,050	0,005	0,013	x	x	x	x	x	x
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,003	0,000	0,001	x	x	x	x	x	x
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	x	x	x	x	x	x
- Benzo[b]-fluoranthen	mg/GJ	0,003	0,001	0,002	x	x	x	x	x	x
- Benzo[ghi]perylen	mg/GJ	0,002	0,002	0,001	x	x	x	x	x	x
- Benzo[k]-fluoranthen	mg/GJ	0,002	0,001	0,000	x	x	x	x	x	x
- Chrysen	mg/GJ	0,020	0,001	0,004	x	x	x	x	x	x
- Dibenz[a,h]-anthracen	mg/GJ	0,002	0,002	0,001	x	x	x	x	x	x
- Fluoranthen	mg/GJ	0,278	0,006	0,019	x	x	x	x	x	x
- Fluoren	mg/GJ	0,440	0,001	0,011	x	x	x	x	x	x
- Indeno[1,2,3-cd]-pyren	mg/GJ	0,002	0,001	0,001	x	x	x	x	x	x
- Phenanthren	mg/GJ	1,502	0,022	0,222	x	x	x	x	x	x
- Pyren	mg/GJ	0,191	0,003	0,008	x	x	x	x	x	x
SO ₂	g/GJ	50,5	1,0	10,3	21,7	x	x	26,6	10,3	20,6
HCl	g/GJ	4,0	4,1	1,9	10,1	x	x	4,1	1,9	19,5
HF	g/GJ	0,51	0,15	0,15	0,09	x	x	0,30	0,15	0,05
As	mg/GJ	11,5	2,3	2,5	9,9	x	x	x	x	x
Cd	mg/GJ	8,2	1,3	1,1	8,3	x	x	x	x	x
Co	mg/GJ	2,4	2,3	2,6	0,0	x	x	x	x	x
Cr	mg/GJ	2,4	2,3	2,5	2,5	x	x	x	x	x
Cu	mg/GJ	21,6	3,5	3,4	3,4	x	x	x	x	x
Hg	mg/GJ	10,8	3,3	8,2	5,1	3,5	20,1	x	x	x
Mn	mg/GJ	4,7	2,3	2,5	3,3	x	x	x	x	x
Ni	mg/GJ	4,7	2,3	2,5	13,1	x	x	x	x	x
Pb	mg/GJ	135,0	18,7	6,9	486,0	x	x	x	x	x
Sb	mg/GJ	46,7	6,9	2,6	x	x	x	x	x	x
Tl	mg/GJ	2,4	2,3	2,6	x	x	x	x	x	x
V	mg/GJ	2,4	2,3	2,6	x	x	x	x	x	x
Dioxin	µg/GJ	0,373	0,011	0,009	0,025	0,020	0,348	x	x	x
Brændselsforbrug år 2000	TJ	8046	6025	5079	3065	12936	9278	14674	5079	1234

1) Emissionsfaktorer markeret med fed skrift bruges til beregning af den samlede emissionsfaktor for affaldsforbrændingsanlæg

Generelt ses større tungmetal emissionsfaktorer fra affaldsforbrændingsanlæg end fra øvrige anlægstyper. Der er dog stor spredning på anlæggenes tungmetal emissioner, og de bedste værker har lige så lave emissioner som de halm og træfyrede værker. De betragtede typer af røggasrensning har dog alle tungmetal emissionsfaktorer der (for de fleste metaller) er lidt højere end de halm- og træfyrede værkers.

Mange af de beregnede tungmetal emissionsfaktorer er baseret på målinger under en detektionsgrænse. Når en måling har været under detektionsgrænsen er detektionsgrænsen brugt som emissionsværdi. Hvis emissionen fra den aktuelle anlægstype er ubetydelig i forhold til øvrige kilder har det mindre betydning for de udarbejdede emissionsopgørelser og Eltras miljøvaredeklaration. Er der derimod tale om en betydelig kilde kan det give et misvisende billede. For Pb fra affaldsforbrændingsanlæg er måleresultater på 8 ud af 14 anlæg under detektionsgrænsen. For Cd og Hg er det 5 ud af 8 anlæg.

Hvis man i stedet sætter emissionsfaktoren til nul når en emission ikke er detekteret, så fremkommer der et interval for emissionsfaktoren. Baseret på undergruppernes emissionsfaktorer kan det beregnes at emissionsfaktoren for bly er større end 51 mg/GJ. Emissionsfaktoren er således bestemt til 51-123 g/GJ. Bemærk at der *ikke* er tale om usikkerhedsvurderinger. Tilsvarende er emissionsfaktoren for Cd 2,9-4,8 mg/GJ, mens den for Hg er 2,9-7,4 mg/GJ.

TSP emissionsfaktoren for affaldsforbrændingsanlæg er lavere end emissionsfaktorerne for både træ- og halmfyrede værker samt biogasmotorer. Også for TSP ses dog en stor spredning mellem anlæggene.

PM10 emissionsfaktorens udgør 66% af TSP emissionsfaktoren hvilket er en lavere andel end forventet. Datagrundlaget for TSP emissionsfaktoren er betydeligt større end for PM10 emissionsfaktoren. Til gengæld er en del af TSP målingerne under detektionsgrænsen, og emissionsfaktoren kan således være overvurderet. TSP og PM10 målinger på de enkelte anlæg er ikke udført samtidigt, og dette kan også have medvirket til at forholdet mellem PM10 og TSP emissionsfaktorerne ikke er som forventet. Ud fra partikelstørrelsesfordelingen for de enkelte værker forventes en PM10 andel på ca. 83% (Risøs delrapport, anlæg A5). Partikelemission fra affaldsforbrændingsanlæg er ikke en væsentlig kilde i den samlede danske emissionsopgørelse og misforholdet mellem emissionsfaktorerne udgør således ikke et problem i denne sammenhæng. PM2,5 og PM1 emissionsfaktorerne er i god overensstemmelse med PM10 emissionsfaktoren.

Det fremgår af tabel 4 at partikelemissionen er betydeligt lavere for anlæg med posefilter end for anlæg der kun har elektrofilter. Samme tendens genfindes i emissionsfaktorerne for tungmetaller. For flere af metallerne ses ingen væsentlig forskel, men det *kan* skyldes at målingerne har været under detektionsgrænsen.

Emissionsfaktorer for sure gasser fra affaldsforbrændingsanlæg er generelt lavere end for halmfyrede værker men større end for de træfyrede værker. Selvom der er stor spredning mellem anlæggene kan det konstateres SO₂ fra de betragtede typer af røggasrensning alle ligger på linie med eller under emissionsfaktoren for halmfyrede værker.

Det er bemærkelsesværdigt at emissionsfaktoren for SO₂ og HF er betydeligt højere for værker med elektrofilter og våd røggasrensning end for tilsvarende værker der endvidere har posefilter. Denne forskel må tilskrives andre forhold fx alder af røggasrensningsanlægget.

NO_x emissionsfaktoren er forskellig for de forskellige typer røggasrensning, men denne forskel må tilskrives andre forhold, fx kedeltype eller NO_x røggasrensning. Den lave emissionsfaktor for NO_x på værker med semitør røggasrensning kan således skyldes at Amagerforbrænding, der er det største indenfor anlægsgruppen, er forsynet med NO_x rensning.

Emissionsfaktoren for dioxin for affaldsforbrændingsanlæg er betydeligt højere end for de øvrige decentrale kraftvarmeværker.

Som forventet ses der en markant forskel i dioxin emissionsfaktoren afhængig af om der er dioxinrensning eller ej. Her må forventes en ændring af den samlede emissionsfaktor de kommende år efterhånden som de planlagte dioxinrensningsanlæg sættes i drift. Der ses også som forventet en lavere Hg emission fra anlæg med dioxinrensning. Her er dog et mere begrænset datagrundlag.

Det er konstateret at emissionsfaktorerne for SO₂ og NO_x ikke ændres markant som følge af at de fire værker over 25MW_e er inkluderet i datagrundlaget.

4.2 Biomassefyrede kraftvarmeværker (halm og træ)

I bilag 8 er vist en anlægsoversigt for halm- og træfyrede værker. Brændselsforbrugene stammer fra Energistyrelsens energiproducenttælling år 2000. Enstedværket og Østkraft indgår ikke i datagrundlaget da de er større end 25MW_e. Måbjergværket inkluderes i datagrundlaget da den biomassefyrede linie ikke repræsenterer en kapacitet på over 25MW_e. Der er set bort fra et par små motorer som bruger forgasset biomasse.

Emissionsfaktorer for biomassefyrede kraftvarmeværker <25MW_e er vist i tabel 4 og tabel 5 for hhv. halm- og træfyring (skovflis, træpiller, træ- og biomasseaffald). Der er ikke foretaget opdeling i undergrupper af halm- og træfyrede værker.

Emissionsfaktorer for halm- og træfyrede kraftvarmeværker er vist i bilag 3. Foruden emissionsfaktorer er der angivet mindste og største måleværdier, antal målinger samt dækningsgrad.

TSP emissionsfaktoren er højere fra både halm- og træfyrede værker end fra de øvrige decentrale værker. Særligt for halm er der dog stor spredning mellem værkerne.

For halmfyrede værker udgør PM10 emissionsfaktoren kun 3% af TSP emissionsfaktoren hvilket er lavere end forventet. PM10 emissionsfaktoren stammer dog fra måling på et enkelt værk der har posefilter og som derfor ikke er repræsentativt for alle typer af halmfyrede anlæg. PM10, PM2,5 og PM1 emissionsfaktorerne er derfor særligt usikre for halmfyrede værker.

For træfyrede værker er der målt TSP på 3 værker og PM10 på 2 værker. Der er dog ikke tale om samtidige målinger. PM10 emissionsfaktoren udgør 24% af TSP emissionsfaktoren, hvilket er lavere end forventet. Det hænger blandt andet sammen med at en af målingerne er udført på et værk der under målingen havde dårlig drift af elfilteret og dermed både relativt høj emissionen og en større andel af store partikler. Ved normal drift af elfilteret ville man forvente at PM10 udgjorde 60-80% af TSP.

Emissionsfaktorerne for PAH og naphthalen er betydeligt højere for halmfyrede værker end for de øvrige anlægstyper. Trods betydelig spredning synes det at gælde alle værker. Også emissionsfaktorerne for SO₂ og HCl er højere for halmfyrede værker end for de øvrige decentrale værker. Igen gælder det alle værker. Dioxinemissionen er betydeligt lavere end for affaldsforbrændingsanlæg. De træfyrede værker skiller sig ud med en særlig høj emission af Mn. Det er dog kun en enkelt måling som trækker niveauet for emisisionsfaktoren op.

Tabel 5 Halmfyrede kraftvarmeværker <25MW.

Emission	Enhed	Emissionsfaktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal anlæg med måling 1)	Dækningsgrad [%]
NO _x	g/GJ	131	103	178	33	5	58,2
UHC (C)	g/GJ	<0,93	0,7	1,1	0,2	4	45,0
- CH ₄ 3)	g/GJ	<0,5	-	-	-	-	-
- NMVOC 3)	g/GJ	<0,8	-	-	-	-	-
CO	g/GJ	63	19	116	40	6	72,6
N ₂ O	g/GJ	1,4	0,9	1,9	0,5	3	30,6
TSP	g/GJ	3,97	0,1	8,5	4,0	5	60,7
PM10	mg/GJ	133	-	-	-	1	13,6
PM2,5	mg/GJ	102	-	-	-	1	13,6
PM1	mg/GJ	77	-	-	-	1	13,6
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,154	0,011	0,440	0,247	3	30,6
- Naphthalen	mg/GJ	15,2	2,383	40,468	21,687	3	30,6
- Acenaphthen	mg/GJ	0,150	0,003	0,305	0,153	3	30,6
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,292	0,002	0,877	0,504	3	30,6
- Anthracen	mg/GJ	0,102	0,003	0,201	0,100	3	30,6
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,106	0,003	0,314	0,179	3	30,6
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	<0,022	0,002	0,467	0,268	3	30,6
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,157	0,001	0,266	0,152	3	30,6
- Benzo[ghi]perylen	mg/GJ	<0,034	0,002	0,095	0,053	3	30,6
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	<0,091	0,001	0,053	0,028	3	30,6
- Chrysen	mg/GJ	0,495	0,014	1,390	0,764	3	30,6
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,004	0,002	0,005	0,001	3	30,6
- Fluoranthen	mg/GJ	1,742	0,011	5,218	2,996	3	30,6
- Fluoren	mg/GJ	0,037	0,002	0,108	0,061	3	30,6
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,023	0,002	0,063	0,035	3	30,6
- Phenanthren	mg/GJ	1,979	0,069	5,834	3,326	3	30,6
- Pyren	mg/GJ	2,071	0,013	6,215	3,574	3	30,6
SO ₂	g/GJ	47	24	86	23	5	58,2
HCl	g/GJ	46	24	59	14	5	58,2
HF	g/GJ	<0,2	0,11	0,15	0,02	3	30,6
As	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
Cd	mg/GJ	<0,8	0,6	1,2	0,3	4	46,3
Co	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
Cr	mg/GJ	<1,6	0,6	2,3	0,8	4	46,3
Cu	mg/GJ	<1,7	1,0	2,3	0,6	4	46,3
Hg	mg/GJ	<0,6	0,5	0,6	0,1	4	46,3
Mn	mg/GJ	<2,2	1,9	3,0	0,6	3	30,6
Ni	mg/GJ	<1,7	0,8	2,4	0,7	4	46,3
Pb	mg/GJ	<6,2	1,9	14,2	5,2	4	46,3
Sb	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
Tl	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
V	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
Dioxin	µg/GJ	0,022	0,001	0,097	0,041	5	60,7
Elvirkningsgrad 4)	%	20,9	-	-	-	-	-

- 1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 7 halmfyrede værker.
 2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse.
 3) Emissionsfaktorer for CH₄ og NMVOC er beregnet ud fra UHC målinger. Fordelingen er hentet fra IPCC Guidelines. 4) Baseret på energi-producenttællingens data.

Tabel 6 Træfyrede kraftvarmeværker < 25 MW_e

	Enhed	Emissions- faktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal anlæg med måling 1)	Dæknings- grad [%]
NO _x	g/GJ	69	62	98	26	2	44,0
UHC (C)	g/GJ	<4,1	1	21	11	3	53,1
- CH ₄ 3)	g/GJ	<2,1	-	-	-	-	-
- NMVOC 3)	g/GJ	<3,4	-	-	-	-	-
CO	g/GJ	79	57	165	56	3	53,1
N ₂ O	g/GJ	<0,8	-	-	-	1	35,6
TSP	g/GJ	7,94	2	27	13	3	53,1
PM10	mg/GJ	1944	955	6119	3652	2	44,0
PM2,5	mg/GJ	1226	823	2927	1488	2	44,0
PM1	mg/GJ	1033	726	2328	1133	2	44,0
PAH (benz[a]pyren- ækvivalent)	mg/GJ	<0,008	0,004	0,008	0,003	2	44,0
- Naphthalen	mg/GJ	2,071	0,864	2,357	1,056	2	44,0
- Acenaphthen	mg/GJ	<0,02	0,001	0,023	0,016	2	44,0
- Acenaphthylen	mg/GJ	<0,013	0,003	0,015	0,009	2	44,0
- Anthracen	mg/GJ	<0,02	0,004	0,023	0,014	2	44,0
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	0,000	2	44,0
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	<0,003	0,001	0,003	0,001	2	44,0
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,002	0,002	0,002	0,000	2	44,0
- Benzo[ghi]perylen	mg/GJ	0,002	0,001	0,002	0,001	2	44,0
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	<0,003	0,001	0,002	0,001	2	44,0
- Chrysen	mg/GJ	0,005	0,003	0,006	0,002	2	44,0
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,002	0,002	0,002	0,000	2	44,0
- Fluoranthen	mg/GJ	0,035	0,012	0,041	0,021	2	44,0
- Fluoren	mg/GJ	<0,005	0,001	0,005	0,003	2	44,0
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,002	0,000	0,002	0,001	2	44,0
- Phenanthren	mg/GJ	0,133	0,077	0,147	0,049	2	44,0
- Pyren	mg/GJ	0,032	0,011	0,037	0,018	2	44,0
SO ₂	g/GJ	<1,8	0,4	8	5	2	44,0
HCl	g/GJ	<0,9	0,6	2,1	1,1	2	44,0
HF	g/GJ	<0,09	0,05	0,21	0,11	2	44,0
As	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Cd	mg/GJ	<1	0,1	0,1	0,0	2	44,0
Co	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Cr	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Cu	mg/GJ	<2,7	0,2	0,4	0,1	2	44,0
Hg	mg/GJ	<0,8	0,1	0,1	0,0	2	44,0
Mn	mg/GJ	31	0,3	15,0	10,4	2	44,0
Ni	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Pb	mg/GJ	<3,7	0,3	0,5	0,1	2	44,0
Sb	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Tl	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
V	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Dioxin	µg/GJ	0,001	0,0012	0,0023	0,0006	3	53,1
Elvirkningsgrad 4)	%	18,2	-	-	-	-	-

- 1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 9 træfyrede værker.
 2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse.
 3) Emissionsfaktorer for CH₄ og NMVOC er beregnet ud fra UHC målinger. Fordelingen er hentet fra IPCC guidelines. 4) Baseret på energi-producenttællingens data.

4.3 Naturgasdrevne motorer

Alle gasmotorer er mindre end 25MW_e. Emissionsfaktorer for gasmotorer er vist i tabel 7. DGC har yderligere beregnet en SO₂ emissionsfaktor på 0,5 g/GJ for naturgasdrift.

Gasmotorerne er grupperet efter motortype. Nogle motortyper af samme fabrikat er dog slået sammen. For hver motortype(-gruppe) er der udarbejdet emissionsfaktorer for NO_x, UHC, CO, lugt og aldehyd. Datagrundlaget for N₂O, TSP, ultrafine partikler, smørelie, 1,3-butadien og PAH er spinkelt og derfor er der ikke beregnet emissionsfaktorer for de enkelte motortyper. Der er udarbejdet emissionsfaktorer for følgende motortyper:

- ◆ Ulstein Bergen
- ◆ Caterpillar 3500
- ◆ Caterpillar 3600
- ◆ Caterpillar MAK
- ◆ Dorman, SETCWG og øvrige
- ◆ Jenbacher, JMS 316 og JMS 320
- ◆ Jenbacher, JMS 612, JMS 616 og JMS 620
- ◆ MAN E2642, E2842 og ukendt
- ◆ MAN/B&W 28/32
- ◆ MWM TBG 604
- ◆ MWM TBG 620
- ◆ MWM G232 og G234
- ◆ Niigata 26HX-G
- ◆ Waukesha F18GLD, L36 GLD, L5790GL, L7042GL, P48GLD og ukendt
- ◆ Wärtsilä 25SG
- ◆ Wärtsilä 34SG
- ◆ Wärtsilä 28SG
- ◆ Wärtsilä kendt type
- ◆ Frichs mini (Valmet)

Brændselsforbruget fra disse motortyper udgør 97% af det samlede forbrug fra naturgasdrevne motorer. Der er dog ikke et fuldt målesæt for alle motortyperne. Emissionsfaktorerne er vist i tabel 8.

Nogle gartnerier benytter røggas fra naturgasmotorer til CO₂ gødskning. Disse anlæg er forsynet med en speciel type røggasrensning. Der er udarbejdet emissionsfaktorer for NO_x, UHC, CO og aldehyd for disse værker. Forbruget på gartnerianlæggene udgør ca. 4% af det samlede på naturgasmotorer.

Alle beregnede emissionsfaktorer for gasmotorer findes i bilag 5. Af bilag 5 fremgår også mindste og største måleværdier, spredning og antallet af målinger der ligger til grund for motortypernes emissionsfaktorer.

De endelige emissionsfaktorer for NO_x, UHC, CO, lugt og aldehyd er baseret på emissionsfaktorer for de enkelte motortyper. Øvrige emissionsfaktorer er baseret på en samlet betragtning af naturgasdrevne

motorer. Kun få målinger omfatter CH₄ og NMVOC. Emissionsfaktorer for CH₄ og NMVOC er beregnet ud fra UHC emissionsfaktorerne samt en fast fordelingsnøgle. DGC har beregnet fordelingsnøglen på baggrund af de CH₄/NMVOC målinger der var til rådighed.

Tabel 7 Naturgasmotorer

Emission	Enhed	Emissionsfaktor	Min.	Maks.	Spredning	Antal målinger	Antal anlæg med måling 1)	Dækningsgrad [%]
NO _x	g/GJ	168	8	3036	314	412	157	54,2
UHC (C)	g/GJ	485	2	1032	228	291	114	43,9
- CH ₄ 5)	g/GJ	520	2	1107	-	-	-	-
- NMVOC 5)	g/GJ	117	1	248	-	-	-	-
CO	g/GJ	175	2	418	87	410	156	54,0
N ₂ O	g/GJ	1,3	1,15	1,68	0,27	3	3	1,3
TSP	g/GJ	0,76	0,45	1,84	0,65	4	4	2,0
PM10	mg/GJ	189	90	604	261	3	3	1,3
PM2,5	mg/GJ	161	74	584	289	3	3	1,3
PM1	mg/GJ	143	41	563	296	3	3	1,3
PAH (benz[a]pyrenækvivalent)	mg/GJ	<0,023	-	-	-	3	3	1,3
- Naphthalen	mg/GJ	7,9	2,4	13	5	3	3	1,3
- Acenaphthen	mg/GJ	0,063	0,053	<0,161	0,059	3	3	1,3
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,043	0,004	0,072	0,034	3	3	1,3
- Anthracen	mg/GJ	0,036	0,021	0,042	0,011	3	3	1,3
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,009	0,003	0,011	0,004	3	3	1,3
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,003	<0,002	0,004	0,001	3	3	1,3
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,042	0,003	0,050	0,024	3	3	1,3
- Benzo[ghi]perylen	mg/GJ	0,006	<0,002	0,010	0,004	3	3	1,3
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	0,024	<0,002	0,031	0,016	3	3	1,3
- Chrysen	mg/GJ	0,108	0,009	0,131	0,064	3	3	1,3
- Dibenz[a,h]-anthracen	mg/GJ	<0,003	-	-	-	3	3	1,3
- Fluoranthen	mg/GJ	0,155	0,012	0,322	0,156	3	3	1,3
- Fluoren	mg/GJ	0,042	0,039	<0,052	0,007	3	3	1,3
- Indeno[1,2,3-cd]-pyren	mg/GJ	0,006	<0,002	0,008	0,003	3	3	1,3
- Phenanthren	mg/GJ	0,440	0,147	0,906	0,391	3	3	1,3
- Pyren	mg/GJ	0,121	0,097	0,179	0,044	3	3	1,3
Aldehyd								
- Formaldehyd	g/GJ	24	0	62	16	40	22	14,4
- Acetaldehyd	g/GJ	1,88	0,00	3,99	1,23	28	22	14,4
- Acrolein	g/GJ	0,09	0,00	0,70	0,16	28	22	14,4
- Propanal	g/GJ	0,17	0,00	0,45	0,13	28	22	14,4
- Acetone	g/GJ	0,22	0,00	0,77	0,21	28	22	14,4
- Butanal	g/GJ	0,10	0,00	0,32	0,10	28	22	14,4
- Pentanal	g/GJ	0,13	0,00	0,91	0,24	24	22	14,4
- Hexanal	g/GJ	0,02	0,00	0,37	0,08	24	20	13,7
- Benzaldehyd	g/GJ	0,03	0,00	0,11	0,03	24	20	13,7
Lugt	LE/m ³	8229	400	31000	5725	101	34	20,4
Smøreolie 2)	g/GJ	12	1,6	21	5	10	5	2,6
1,3-butadien 3)	g/GJ	<0,047	-	-	-	3	3	1,3
Elvirkningsgrad	%	38,3	25,0	44,0	2,7	362	148	52,6

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 540 motoranlæg i energiproducenttællingen. 2) En måling viste <5 mg/m³ svarende til <1,6 g/GJ. Der er i EMF beregningerne regnet med 5 mg/m³ idet de øvrige 9 målinger ligger væsentligt over denne værdi. 3) Alle butadien målinger ligger under detektionsgrænsen for analysemetoden, (<1, <0,25 og <0,15 mg/m³, 5%O₂). Derfor regnes med den mindste værdi, dvs. <0,15 mg/m³, 5% O₂. 4) For PAH målingerne er der adskillige data med < værdier. Hvis der for alle målinger på samme stof kun findes < værdier antages mindre end den mindste som øvre grænse for stoffet. Hvis der, som det ofte er tilfældet, både er fundne analyseresultater og < værdier for et stof regnes med analyseresultater svarende til detektionsgrænsen i beregningen af emissionsfaktoren. 5) Fordeling af UHC (C-ækvivalent) på CH₄ og NMVOC sker ved en fast fordelingsnøgle for gasmotorer beregnet af DGC.

Table 8 Gasmotortypernes emissionsfaktorer og elvirkningsgrad

Motortype	Ulstein Bergen	Cat 3500	Cat 3600	Cat MAK	Dorman	Jenbacher 300	Jenbacher 600	MAN	MAN /B&W	MWM 604	MWM 620	MWM 232 /234	Niigata 26	Waukeshas	Wärtsilä 25	Wärtsilä 34	Wärtsilä 28	Wärtsilä kendt type	Frichs mini Valmet	
For kammer eller åbenkammer motor	For kammer	Åben kammer	For kammer	For kammer	Åben kammer	Åben kammer	For kammer	Åben kammer	For kammer	Åben kammer	Åben kammer	Åben kammer	For kammer	Åben kammer	For kammer	For kammer	For kammer	For kammer	Åben kammer	
Elvirkningsgrad [%]	39,4	36,3	39,2	43,4	34,6	38,4	38,8	33,1	38,0	35,1	38,1		38,0	33,3	37,2	41,2	41,1	40,2	29,8	
NO _x [g/GJ]	232	137	91	134	108	169	169	125	142	169	239	532	93	74	157	121	130	200	2802	
UHC (C) [g/GJ]	648	434	611	466	194	235	516	74	781	161	164		891	608	479	413	473	92	87	
CH ₄ [g/GJ]	694	465	655	499	208	251	553	79	837	173	176		955	651	514	442	507	98	93	
NM/OC [g/GJ]	156	104	147	112	47	56	124	18	188	39	40		214	146	115	99	114	22	21	
CO [g/GJ]	225	110	145	41	294	129	222	165	80	177	213	23	122	216	248	163	265	135	256	
Lugt [LE/m ³]	13996	2241	5338			8679	500	5095	400	10253			2945	4600	10083	8028	11702	3500	750	
Aldehyd																				
- Formaldehyd [mg/GJ]	35,22	10,93	24,85			18,67	0,72		0,22	19,86			25,35	32,80	18,55	37,22		1,68		
- Acetaldehyd [mg/GJ]	3,05	0,63	2,15			1,08	0,00		0,00	1,57			2,99	1,68	1,53	2,28		0,09		
- Acrolein [mg/GJ]	0,15	0,05	0,04			0,14	0,00		0,00	0,03			0,03	0,16	0,06	0,03		0,00		
- Propanal [mg/GJ]	0,31	0,04	0,18			0,10	0,00		0,00	0,13			0,22	0,12	0,16	0,17		0,00		
- Acetone [mg/GJ]	0,32	0,08	0,28			0,14	0,00		0,00	0,38			0,37	0,06	0,19	0,37		0,00		
- Butanal [mg/GJ]	0,15	0,03	0,06			0,05	0,00		0,00	0,05			0,31	0,16	0,06	0,17		0,00		
- Pentanal [mg/GJ]	0,15	0,08	0,29			0,04	0,00		0,00	0,35			0,00	0,00	0,00	0,30		0,00		
- Hexanal [mg/GJ]	0,02	0,00	0,07			0,00	0,00		0,00	0,02			0,00	0,00	0,00	0,01		0,00		
- Benzaldehyd [mg/GJ]	0,04	0,02	0,00			0,03	0,00		0,00	0,04			0,06	0,00	0,00	0,06		0,03		
Naturgasforbrug TJ	8841	4185	4287	0,5	514	5124	550	834	614	662	382	25	1115	838	2182	2130	809	490	93	

Både CH₄ og NMVOC emissionen er betydeligt højere for gasmotorer end for de øvrige anlægstyper. Der er stor spredning mellem værkerne, men kun nogle ganske få værker udstyret med specielt røggasrensningssystem er nede på samme niveau som de øvrige decentrale kraftvarmeverker. Alle motortypernes UHC emissionsfaktorer ligger betydeligt over andre decentrale værkers – biogasmotorer undtaget. De oxidationskatalysatorer der er installeret med henblik på at mindske CO emissionen har ingen væsentlig effekt på UHC emissionen.

Som forventet er emissionsfaktoren for UHC højest for større forkammermotorer.

CO emissionsfaktoren for naturgasdrevne motorer er relativt høj, men dog lavere end for de biogasdrevne motorer. Flere motortyper falder i to grupper afhængig af om der er installeret CO oxidationskatalysator eller ej.

Aldehyd emissionsfaktoren for motorer er højere end for de andre anlægstyper.

Emissionsfaktorer for NO_x, CO og formaldehyd er betydeligt lavere på gartnerianlæg end på de øvrige værker. Derimod ses der ingen væsentlig forskel i UHC emissionsfaktoren.

NO_x emissionsfaktorerne varierer meget mellem motortyperne. Et par små ældre motortyper, MWM232/234 og Frichs mini Valmet, skiller sig ud med særlig høj NO_x emission. Både større forkammermotorer og mindre åbenkammer motorer er repræsenteret blandt de motorer der har lav NO_x emission.

Tre motortyper skiller sig ud med særlig lav formaldehyd emission. Det drejer sig om motorer der er installeret på gartnerier hvor der foretages ekstra røggasrensning samt motorer der har samfyring med olie.

Alle butadienmålinger har været under detektionsgrænsen selvom denne er reduceret under de sidst udførte målinger. Da detektionsgrænsen ligger langt under de emissionsniveauer der er fundet for biler vurderes niveauet ikke at være kritisk.

Der er stor forskel på TSP emissionsfaktoren og PM10 emissionsfaktoren og det kan hænge sammen med at oliedråber udgør en stor del af partikelemissionen fra gasmotorer. Indholdet af oliedråber gør at målingerne er usikre og der må mere specialiserede målinger til hvis man vil afklare dette forhold /4/.

4.4 Biogasdrevne motorer

Alle biogasdrevne motorer er mindre end 25MW_e. Motorerne bruger gyllegas, deponigas eller gas fra rensningsanlæg. Gyllegas benyttes både på biogasfællesanlæg og på mindre gårdanlæg. Emissionsfaktorer for biogasdrevne gasmotorer er vist i tabel 9.

Der er udarbejdet emissionsfaktorer for følgende fabrikater af biogasdrevne motorer:

- ◆ Ulstein Bergen
- ◆ Caterpillar
- ◆ Jenbacher
- ◆ MWM
- ◆ MAN
- ◆ TOTEM Fiat

Brændselsforbruget for disse motorfabrikater udgjorde 84% af det samlede forbrug fra biogasdrevne motorer i år 2000. Restgruppen i alt 21 anlæg omfatter, foruden anlæg hvor fabrikatet ikke kendes, motorer af typerne Waukesha og Frichs Valmet.

Som supplement er der udarbejdet emissionsfaktorer for biogasmotorer på hhv.:

- ◆ Rensningsanlæg
- ◆ Losseplads anlæg

Emissionsfaktorer for fabrikater og for hhv. deponigas motorer og motorer på rensningsanlæg er vist i tabel 10. Alle beregnede emissionsfaktorer for biogasdrevne motorer findes i bilag 6, hvor også mindste og største måleværdier, spredning og antallet af målinger er vist.

Emissionen af PAH, N₂O, TSP, ultrafine partikler og smøreolie er kun målt på en enkelt biogasmotor. Resultater af denne måling benyttes som emissionsfaktor for alle biogasmotorer. De endelige emissionsfaktorer for NO_x, UHC, CO, lugt og aldehyd er baseret på emissionsfaktorer for de enkelte motorfabrikater.

Tabel 9 Biogasdrevne motorer

Emission	Enhed	Emissionsfaktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal målinger	Antal anlæg med måling 1)	Dækningsgrad [%]
NO _x	g/GJ	540	119	1856	530	21	15	21,5
UHC (C)	g/GJ	254	131	606	136	18	13	18,3
- CH ₄	g/GJ	323	166	770	-	18	13	18,3
- NMVOC	g/GJ	14	7	34	-	18	13	18,3
CO	g/GJ	>273	109	>743.4	186,1	21	15	21,5
N ₂ O	g/GJ	0,5	-	-	-	1	1	0,2
TSP	g/GJ	2,63	-	-	-	1	1	0,2
PM10	mg/GJ	451	-	-	-	1	1	0,2
PM2,5	mg/GJ	206	-	-	-	1	1	0,2
PM1	mg/GJ	132	-	-	-	1	1	0,2
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,003	-	-	-	1	1	0,2
- Naphthalen	mg/GJ	3,3	-	-	-	1	1	0,2
- Acenaphthen	mg/GJ	0,040	-	-	-	1	1	0,2
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,003	-	-	-	1	1	0,2
- Anthracen	mg/GJ	0,004	-	-	-	1	1	0,2
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	<0,0004	-	-	-	1	1	0,2
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	0,2
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	0,2
- Benzo[ghi]perylen	mg/GJ	<0,0011	-	-	-	1	1	0,2
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	<0,0004	-	-	-	1	1	0,2
- Chrysen	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	0,2
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,0011	-	-	-	1	1	0,2
- Fluoranthen	mg/GJ	0,006	-	-	-	1	1	0,2
- Fluoren	mg/GJ	0,011	-	-	-	1	1	0,2
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,0011	-	-	-	1	1	0,2
- Phenanthren	mg/GJ	0,072	-	-	-	1	1	0,2
- Pyren	mg/GJ	0,002	-	-	-	1	1	0,2
Aldehyd								
- Formaldehyd	g/GJ	21,15	12,99	30,09	7,02	7	7	
- Acetaldehyd	g/GJ	0,11	0,09	0,42	0,13	7	7	
- Acrolein	g/GJ	0,01	0,00	0,06	0,02	7	7	
- Propanal	g/GJ	0,00	0,00	0,03	0,02	7	7	
- Acetone	g/GJ	0,02	0,00	0,03	0,02	7	7	
- Butanal	g/GJ	0,01	0,00	0,06	0,02	7	7	
- Pentanal	g/GJ	0,00	0,00	0,00	0,00	7	7	
- Hexanal	g/GJ	0,00	0,00	0,00	0,00	7	7	
- Benzaldehyd	g/GJ	0,00	0,00	0,03	0,01	7	7	
SO ₂	g/GJ	19	0	25	9,2	5	5	
Lugt	LE/m ³	18516	3500	53000	16042	7	7	
1,3-butadien	g/GJ	<0,02	-	-	-	1	1	
Elvirkningsgrad	%	36,0	23,5	40,2	4,5	16	11	18,3

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 98 motoranlæg i energiproducenttællingen. 2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Tabel 10 Biogasmotorer, undergrupper

Motortype	Ulstein Bergen	Caterpillar	Jenbacher	MWM	MAN	Fiat Totem	Deponigas	Rensningsanlæg
Elvirkningsgrad [%]	39.1	35.3	35.9	36.7	-	23.5	36.9	38.0
NO _x [g/GJ]	168	880	268	796	119	840	327	1203
UHC (C) [g/GJ]	606	184	248	128	300	520	269	276
CO [g/GJ]	188	135	456	187	319	>743	525	211
Lugt [LE/m ³]	-	26372	14901	-	3500	28333	16718	5760
Aldehyd								
- Formaldehyd [g/GJ]	-	14.26	25.10	-	29.94	18.43	25.01	29.96
- Acetaldehyd [g/GJ]	-	0.10	0.09	-	0.18	0.35	0.09	0.21
- Acrolein [g/GJ]	-	0.01	0.00	-	0.06	0.01	0.00	0.06
- Propanal [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.03	0.03	0.00	0.03
- Acetone [g/GJ]	-	0.01	0.03	-	0.03	0.03	0.03	0.03
- Butanal [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.06	0.00	0.00	0.05
- Pentanal [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00
- Hexanal [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00
- Benzaldehyd [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.03	0.00	0.00	0.03
Biogasforbrug TJ	215	481	536	442	149	41	-	-

Emissionsfaktorer for NO_x, CO og lugt er højere for biogasmotorer end for de øvrige decentrale kraftvarmeværker. Også sammenlignet med naturgasmotorer er disse emissioner relativt høje. Emissionerne af UHC og aldehyd ligger ligesom for naturgasmotorer på et relativt højt niveau omend lidt lavere end for de naturgasdrevne motorer. Det er bemærkelsesværdigt at TSP emissionsfaktoren er højere end for affaldforbrændingsanlæggene. TSP emissionsfaktoren er ligesom for naturgasdrevne motorer betydeligt højere end PM10 emissionsfaktoren. Ligesom for de naturgasdrevne motorer er målingerne usikre pga emissionen af smøreoliedråber.

Generelt ligger emissionsfaktorerne for de enkelte fabrikater på samme niveau som de tilsvarende for naturgasdrevne motorer. Lugtemissionen er dog betydeligt højere ved biogasdrift.

Emissionsfaktorerne for MAN motoren synes at afvige fra niveauet for naturgasdrift på samme motorfabrikat, men her ligger kun en enkelt måling til grund. NO_x emissionen fra Caterpillar motorer er meget høj sammenlignet med naturgasdrift. Jenbacher motorerne har højere CO emission end ved naturgasdrift. Det hænger sammen med at der ikke installeres katalysator ved biogasdrift.

4.5 Naturgasdrevne gasturbiner

Emissionsfaktorer for gasturbiner <25MW_e er vist i tabel 10. DGC har yderligere beregnet en SO₂ emissionsfaktor på 0,5 g/GJ for naturgasdrift.

Emissionsfaktorer for undergrupper er vist i tabel 12. Der er beregnet emissionsfaktorer for følgende undergrupper:

- ◆ EGT Typhoon
- ◆ EGT Tornado
- ◆ Restgruppen

Når der opereres med en restgruppe for gasturbinerne hænger det sammen med at flere turbinetyper kun findes på et enkelt dansk værk. Anlægsspecifikke emissionsdata ønskes ikke præsenteret. Der er udført måling på flere værker i restgruppen.

Der er som supplement udarbejdet emissionsfaktorer for NO_x og CO for fabrikaterne:

- ◆ Solar
- ◆ Allison

De endelige emissionsfaktorer for NO_x, CO, N₂O, lugt, TSP og aldehyd er baseret på gruppernes emissionsfaktorer. Øvrige emissioner er baseret på en samlet betragtning af gasturbinerne. Alle beregnede emissionsfaktorer for gasturbiner findes i bilag 7.

DGC har supplerende foretaget to butadien målinger der begge var under detektionsgrænsen. Emissionsfaktoren er bestemt til <0,027 g/GJ.

Emissionsfaktoren for N₂O for gasturbiner er lidt højere end for de øvrige decentrale værkers. Ellers skiller gasturbinerne sig ikke ud med høje emissionsfaktorer. Den eneste emission der får væsentlig betydning for de samlede danske emissioner er NO_x, og kun træfyrede værker har en lavere NO_x emissionsfaktoren end gasturbiner. Der er betydelig forskel mellem de forskellige fabrikaters NO_x emissionsfaktorer.

Tabel 11 Gasturbiner <25MW_e

Emission	Enhed	Emissionsfaktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal målinger	Antal anlæg med måling 1)	Dækningsgrad [%]
NO _x	g/GJ	124	20	293	68	44	17	67,0
UHC (C)	g/GJ	<2,3	-	-	-	14 alle under detektionsgrænsen	9	31,1
- CH ₄	g/GJ	1,5	-	-	-	14 alle under detektionsgrænsen	9	31,1
- NMVOC	g/GJ	1,4	-	-	-	14 alle under detektionsgrænsen	9	31,1
CO	g/GJ	6	1,2	83,6	14,1	41 heraf 14 under detektionsgrænsen	17	67,0
N ₂ O	g/GJ	2,2	1,5	3,6	1,5	2	2	5,8
TSP	g/GJ	0,10	0,04	0,12	0,06	2	2	5,8
PM10	mg/GJ	61	12	85	52	2	2	5,8
PM2,5	mg/GJ	51	6	74	48	2	2	5,8
PM1	mg/GJ	38	2	55	38	2	2	5,8
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,005	-	-	-	1	1	1,9
- Naphthalen	mg/GJ	0,3	-	-	-	1	1	1,9
- Acenaphthen	mg/GJ	0,021	-	-	-	1	1	1,9
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,002	-	-	-	1	1	1,9
- Anthracen	mg/GJ	0,004	-	-	-	1	1	1,9
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	<0,0007	-	-	-	1	1	1,9
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	1,9
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	1,9
- Benzo[ghi]perylen	mg/GJ	<0,003	-	-	-	1	1	1,9
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	<0,002	-	-	-	1	1	1,9
- Chrysen	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	1,9
- Di-benz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,003	-	-	-	1	1	1,9
- Fluoranthen	mg/GJ	0,006	-	-	-	1	1	1,9
- Fluoren	mg/GJ	<0,012	-	-	-	1	1	1,9
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,003	-	-	-	1	1	1,9
- Phenanthren	mg/GJ	0,018	-	-	-	1	1	1,9
- Pyren	mg/GJ	0,005	-	-	-	1	1	1,9
Aldehyd								
- Formaldehyd	g/GJ	0,01	0,000	0,094	0,036	6	5	18,4
- Acetaldehyd	g/GJ	0,00	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Acrolein	g/GJ	0,00	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Propanal	g/GJ	0,00	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Acetone	g/GJ	0,01	0,000	0,031	0,013	6	5	18,4
- Butanal	g/GJ	0,01	0,000	0,031	0,013	6	5	18,4
- Pentanal	g/GJ	0,00	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Hexanal	g/GJ	0,00	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Benzaldehyd	g/GJ	0,00	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
Lugt	LE/m ³	2027	500	3800	1109	6	5	18,4
Elvirkningsgrad	%	28,8	20,8	38,6	2,3	41	16	62,9

1) Antal anlæg iht. Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 22 gasturbineanlæg <25MW_e i energiproducenttællingen. 2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Tabel 12 Emissionsfaktorer for gasturbinefabrikater

1)	Enhed	EGT Typhoon	EGT Tornado	Rest-gruppen	Allison	Solar
Elvirkningsgrad	%	28.8	30.4	27.8	27.0	25.5
NO _x	g/GJ	81	144	176	208	148
UHC	g/GJ	<2.5	<2.3	<1.5	x	x
CO	g/GJ	<5.3	5.4	8.0	7.0	12.4
N ₂ O	g/GJ	1.5	3.6	-	x	x
TSP	g/GJ	0.12	0.04	-	x	x
Lugt	LE/m ³	2351	1711	1752	x	x
PM10	mg/GJ	85	12	-	x	x
PM2,5	mg/GJ	74	6	-	x	x
PM1	mg/GJ	55	2	-	x	x
Aldehyd						
- Formaldehyd	g/GJ	0.00	0.03	0.012	x	x
- Acetaldehyd	g/GJ	0.00	0.00	0.000	x	x
- Acrolein	g/GJ	0.00	0.00	0.000	x	x
- Propanal	g/GJ	0.00	0.00	0.000	x	x
- Acetone	g/GJ	0.02	0.00	0.000	x	x
- Butanal	g/GJ	0.00	0.00	0.027	x	x
- Pentanal	g/GJ	0.00	0.00	0.000	x	x
- Hexanal	g/GJ	0.00	0.00	0.000	x	x
- Benzaldehyd	g/GJ	0.00	0.00	0.000	x	x
Brændselsforbrug	TJ	4391	1974	2916	1051	711

1) Data markeret med fed er brugt i beregningen af emissionsfaktorer for gasturbineanlæg

4.6 Kul- og fueloliefyrede værker

Kul- og fueloliefyrede værker er ikke omfattet af arbejdet med udarbejdelse af emissionsfaktorer, og vil derfor kun blive omtalt ganske kort.

De kul- og fueloliefyrede kraftvarmeværker <25MW_e er hovedsagelig industrielle kraftvarmeværker. I år 2000 var det samlede forbrug på disse værker ca. 2900 TJ kul og 3700 TJ fuelolie. Den indfyrede energimængde fra disse værker udgør dermed 8% af forbruget på de øvrige decentrale kraftvarmeværker. Elproduktionen udgør 6% af de øvrige værkers.

I tabel 13 er resultater fra måling på et fueloliefyret decentralt kraftvarmeværk vist.

Tabel 13 TSP emission fra et fueloliefyret decentralt kraftvarmeværk

	Enhed	A	B	C
O ₂	%	9,6	4,0	2,0
TSP	mg/m ³ (ref. aktuel O ₂)	185	14	15
TSP	mg/m ³ ref 10% O ₂	178	9	9

4.7 Sammenligning med kraftværkernes emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer for kraftværker under kvotebekendtgørelsen (>25MW_e) er i tabel 13 sammenlignet med emissionsfaktorerne for decentral kraftvarme. Emissionsfaktorerne for kraftværker anført i tabel 13 er beregnet på baggrund af de emissionsdata som indgår i de

nationale emissionsopgørelser for år 2000. Nogle emissioner refererer til anlægsspecifikke målinger mens andre refererer til generelle emissionsfaktorer for kraftværker.

Emissionsfaktorerne for CO og for de uforbrændte kulbrinter CH₄ og NMVOC er væsentligt højere for decentral kraftvarme end for kraftværker. Det skyldes gasmotorernes relativt høje emissionsfaktorer for disse stoffer. Emissionsfaktorerne for Cd og Pb er ligeledes væsentligt højere for decentrale værker end for kraftværkerne og det skyldes affaldsforbrændingsanlæggenes relativt høje emissionsfaktorer for disse stoffer. SO₂ emissionsfaktoren er lavere for decentrale værker end for kraftværkerne. NO_x emissionsfaktorerne ligger på samme niveau for de to anlægstyper men er dog lidt lavere for kraftværker end for decentrale værker.

Tabel 13 Sammenligning af emissionsfaktorer for kraftværker og decentrale kraftvarmeværker, 2000

Emission	Decentrale værkers emissionsfaktor	Kraftværkernes emissionsfaktor 1)	Enhed
NO _x	154	2) 133	g/GJ
UHC (C)	231		g/GJ
- CH ₄	248	4) 3	g/GJ
- NMVOC	55	4) 2	g/GJ
CO	98	5) 12	g/GJ
N ₂ O	1	4) 3	g/GJ
TSP	1,6	7) 3	g/GJ
SO ₂	10	3) 41	g/GJ
As	2,2	6) 0,6	mg/GJ
Cd	1,5	6) 0,2	mg/GJ
Cr	0,9	6) 1,7	mg/GJ
Cu	3,1	6) 1,2	mg/GJ
Hg	2,2	6) 1,7	mg/GJ
Ni	1,6	6) 6,2	mg/GJ
Pb	36,3	6) 2,2	mg/GJ

1. Ref. DMU 2003 /5/. Værker større end 25MW_e. Både værker fyret med kul, olie, naturgas, træ, halm, affald og orimulsion er inkluderet. I alt 22 værker. Ref. DMU.

2. Anlægsspecifikke data fra 21 værker. Anlægsspecifikke data stammer fra rapportering under kvotebekendtgørelsen (Eltra/Elkraft System) eller fra grønne regnskaber. Øvrige data er generelle emissionsfaktorer for kraftværker.

3. Anlægsspecifikke data fra 20 værker. Anlægsspecifikke data stammer fra rapportering under kvotebekendtgørelsen (Eltra/Elkraft System) eller fra grønne regnskaber. Øvrige data er generelle emissionsfaktorer for kraftværker.

4. Ingen anlægsspecifikke data. Emissionsfaktoren er baseret på generelle (brændselsspecifikke) emissionsfaktorer for kraftværker.

5. Anlægsspecifikke data fra 2 værker. Disse stammer fra grønne regnskaber. Øvrige data er generelle emissionsfaktorer for kraftværker.

6. Anlægsspecifikke emissionsdata fra ca. 13 værker. Anlægsspecifikke data er oplyst af Elsam og E2 eller stammer fra grønne regnskaber. Øvrige data er generelle emissionsfaktorer for kraftværker.

7. Anlægsspecifikke data fra 14 værker. Anlægsspecifikke data stammer fra grønne regnskaber eller er oplyst af E2. Øvrige data er generelle emissionsfaktorer for kraftværker.

5 Dækningsgrad

Ved dækningsgraden forstås her den andel af brændselsforbruget som ligger på et værk hvor der er foretaget emissionsmåling. Dækningsgrad for anlægstyperne er anført sammen med emissionsfaktorerne i de foregående afsnit, men er nedenfor samlet for overblikkets skyld.

Tabel 14 Dækningsgrad, værker <25MW_e

	Enhed	Naturgas-motorer	Biogas-motorer	Gasturbiner	Affald KV	Halm KV	Træ KV
NO _x	%	54,2	21,5	67,0	70,2	58,2	44,0
UHC (C)	%	43,9	18,3	31,1	64,4	45,0	53,1
CO	%	54,0	21,5	67,0	70,8	72,6	53,1
N ₂ O	%	1,3	0,2	5,8	33,1	30,6	35,6
TSP	%	2,0	0,2	5,8	69,2	60,7	53,1
PM10	%	1,3	0,2	5,8	25,6	13,6	44,0
PM2,5	%	1,3	0,2	5,8	25,6	13,6	44,0
PM1	%	1,3	0,2	5,8	25,6	13,6	44,0
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	%	1,3	0,2	1,9	33,1	30,6	44,0
- Naphthalen	%	1,3	0,2	1,9	33,1	30,6	44,0
Aldehyd							
- Formaldehyd	%	14,4	11,3	18,4	x	x	x
- Acetaldehyd	%	14,4	11,3	18,4	x	x	x
- Acrolein	%	14,4	11,3	18,4	x	x	x
- Propanal	%	14,4	11,3	18,4	x	x	x
- Acetone	%	14,4	11,3	18,4	x	x	x
- Butanal	%	14,4	11,3	18,4	x	x	x
- Pentanal	%	14,4	11,3	18,4	x	x	x
- Hexanal	%	13,7	11,3	18,4	x	x	x
- Benzaldehyd	%	13,7	11,3	18,4	x	x	x
SO ₂	%	x	11,0	x	73,3	58,2	44,0
HCl	%	x	x	x	73,3	58,2	44,0
HF	%	x	x	x	71,8	30,6	44,0
As	%	x	x	x	42,5	30,6	44,0
Cd	%	x	x	x	42,5	46,3	44,0
Co	%	x	x	x	31,5	30,6	44,0
Cr	%	x	x	x	42,5	46,3	44,0
Cu	%	x	x	x	42,5	46,3	44,0
Hg	%	x	x	x	42,5	46,3	44,0
Mn	%	x	x	x	42,5	30,6	44,0
Ni	%	x	x	x	42,5	46,3	44,0
Pb	%	x	x	x	56,8	46,3	44,0
Sb	%	x	x	x	29,8	30,6	44,0
Tl	%	x	x	x	29,8	30,6	44,0
V	%	x	x	x	29,8	30,6	44,0
Dioxin	%	x	x	x	61,9	60,7	53,1
Lugt	%	20,4	11,3	18,4	x	x	x
Smøreolie	%	2,6	x	x	x	x	x
1,3-butadien	%	1,3	0,2	x	x	x	x
Brændselsforbrug	TJ	34836	2217	9281	22214	3179	4233
Brændselsforbrug	%	46	3	12	29	4	6

Dækningsgraden er generelt lavest for biogasdrevne motorer. Den lave dækningsgrad hænger sammen med det store antal små enheder. Der er dog måling på fabrikater der dækker 84% af biogasforbruget. N₂O, partikler, PAH og 1,3-butadien er kun målt på et enkelt værk. Den lave dækningsgrad skal ses i lyset af at brændselsforbruget for biogasdrevne motorer kun udgør 3% af det samlede for decentrale kraftvarmeværker.

Dækningsgraden for naturgasdrevne motorer er generelt lavere end for gasturbiner, affaldsanlæg og biomasseanlæg. Da der er tale om relativt små værker, ville det dog kræve et betydeligt antal nye målinger, hvis dækningsgraden for CO, NO_x og UHC skulle hæves væsentligt. Dog kunne dækningsgraden for partikler, PAH og smøreolie øges betydeligt ved enkelte nye målinger. Der er flere målinger på naturgasmotorer end på nogen af de øvrige anlægstyper. Brændselsforbruget for naturgasdrevne motorer udgør 46% af det samlede for decentrale kraftvarmeværker.

Der er en god dækningsgrad på gasturbiners emission af CO og NO_x. Dækningsgraden er mere beskedent for de øvrige emissioner, men må vurderes at være tilfredsstillende når emissionsniveauerne tages i betragtning. Brændselsforbruget for gasturbiner <25 MW_e udgør 12% af det samlede for de decentrale kraftvarmeværker.

Der er en relativt god dækningsgrad for affaldsforbrændingsanlæg. Det hænger sammen med at der er tale om større værker. Dermed opnås en ret god dækningsgrad også for de emissioner, hvor der ikke var målinger til rådighed inden projektmålingernes gennemførelse. Brændselsforbruget for affaldsforbrændingsanlæg udgør 29% af det samlede for de decentrale kraftvarmeværker og er dermed væsentlig for opgørelsen af de samlede emissioner.

Både for halm- og træfyrede værker er der en relativt høj dækningsgrad. Det hænger ligesom for affaldsfyrede værker sammen med det begrænsede antal værker. Gennemførelsen af projektmålingerne har øget dækningsgraden meget markant for biomasseværkerne. Brændselsforbruget på halmfyrede værker udgør 4% af det samlede for central kraftvarme mens det på de træfyrede værker udgør 6%.

En lav dækningsgrad udgør et problem hvis der er tale om en væsentlig emissionskilde.

6 Emissionsopgørelse for decentral kraftvarme

6.1 År 2000

En emissionsopgørelse for kraftvarmeværker <25MW_e år 2000 er vist i tabel 15. Foruden emissioner er anført brændselsforbrug for de forskellige anlægstyper. Enkelte affaldsforbrændingsanlæg større end 25MW_e er inkluderet i opgørelsen som omtalt side 19. Kraftvarmeværker <25MW_e der er olie- eller kulfyrede er ikke inkluderet.

Tabel 15 giver et overblik over hvilke anlægstyper der er de væsentligste kilder til emission af de forskellige stoffer. Gasmotorer er den væsentligste emissionskilde for NO_x, UHC, CO, N₂O, aldehyd og PAH. Affaldsforbrændingsanlæg er den største kilde til emission af partikler, SO₂, dioxin, HF og metaller. Halmfyrede værker er den største kilde til emission af HCl.

De forskellige anlægstypers emissionsbidrag af NO_x, SO₂, UHC, CO, TSP samt Pb, Cd og Hg er vist i figur 3. Brændselsforbrug for anlægsgrupperne er vist i figur 2.

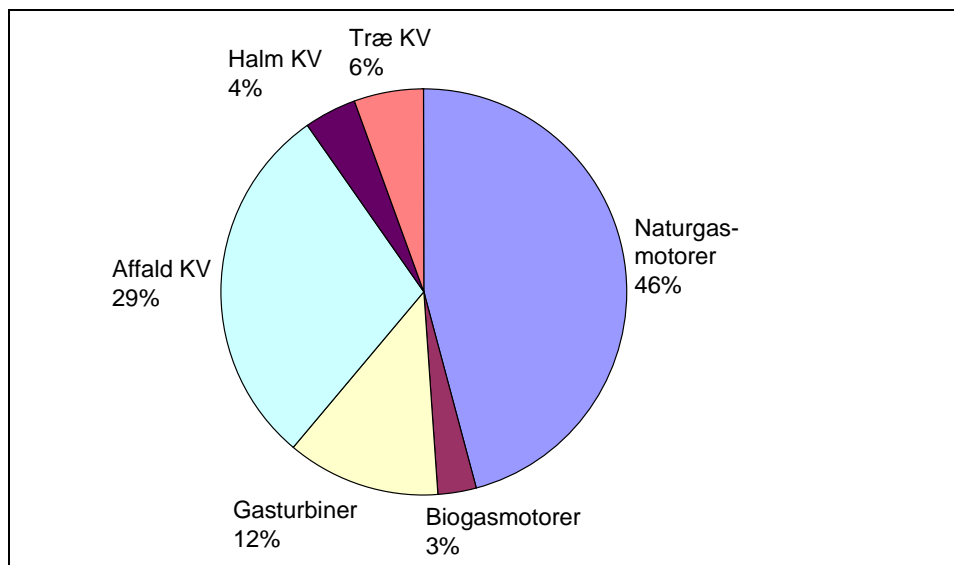
I afsnittet *Værkernes andel af samlet dansk emission* sammenlignes de emitterede mængder med de samlede danske emissioner.

Tabel 15 Emissionsopgørelse for kraftvarmeværker <25MW_e

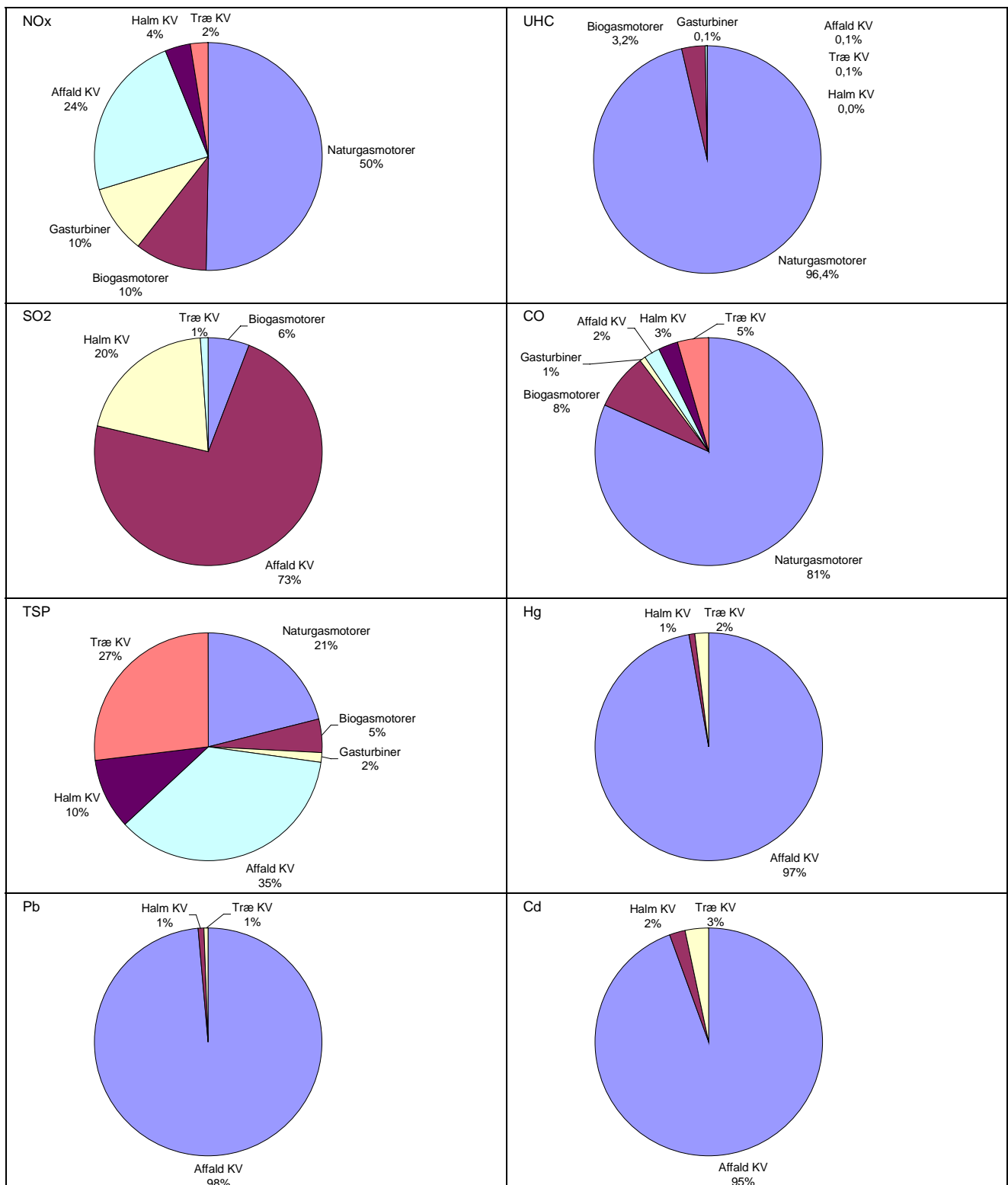
Emission	Enhed	Naturgasmotorer	Biogasmotorer	Gasturbiner	Affald KV	Halm KV	Træ KV	SUM
NO _x	ton	5860	1198	1153	2757	416	291	11675
UHC (C)	ton	16893	564	21	26	3	17	17524
- CH ₄	ton	18109	716	14	13	1	8	18863
- NMVOC	ton	4066	32	13	22	2	14	4150
CO	ton	6097	606	57	164	199	336	7461
N ₂ O	ton	44	1	20	27	4	3	100
TSP	ton	26,5	5,8	0,9	44,8	12,6	33,6	124
PM10	ton	6,6	1,0	0,6	25,0	0,4	8,2	42
PM2,5	ton	5,6	0,5	0,5	24,1	0,3	5,2	36
PM1	ton	5,0	0,3	0,3	22,3	0,2	4,4	33
PAH (benz[a]pyrenækvivalent)	kg	0,801	0,006	0,043	0,128	0,489	0,032	1,498
- Naphthalen	kg	275,6	7,3	3,2	75,7	48,4	8,8	418,9
- Acenaphthen	kg	2,188	0,088	0,198	0,182	0,476	0,081	3,213
- Acenaphthylen	kg	1,491	0,007	0,015	1,866	0,928	0,053	4,359
- Anthracen	kg	1,251	0,010	0,037	0,361	0,323	0,083	2,065
- Benz[a]anthracen	kg	0,321	0,001	0,006	0,026	0,337	0,003	0,694
- Benzo[a]pyren	kg	0,099	0,002	0,014	0,018	0,068	0,012	0,212
- Benzo[b]fluoranthen	kg	1,449	0,002	0,013	0,038	0,498	0,007	2,007
- Benzo[ghi]perylene	kg	0,200	0,002	0,019	0,025	0,107	0,009	0,363
- Benzo[k]fluoranthen	kg	0,843	0,001	0,013	0,017	0,287	0,009	1,169
- Chrysen	kg	3,762	0,003	0,007	0,120	1,574	0,021	5,489
- Dibenz[a,h]anthracen	kg	0,084	0,002	0,019	0,027	0,010	0,008	0,151
- Fluoranthen	kg	5,400	0,013	0,060	1,234	5,539	0,149	12,394

(Tabel 15 fortsat)

Emission	Enhed	Naturgas- motorer	Biogas- motorer	Gasturbiner	Affald KV	Halm KV	Træ KV	SUM
- Fluoren	kg	1,453	0,024	0,110	1,672	0,119	0,018	3,395
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	kg	0,194	0,002	0,019	0,019	0,072	0,008	0,316
- Phenanthren	kg	15,328	0,160	0,171	7,947	6,291	0,564	30,460
- Pyren	kg	4,215	0,005	0,045	0,784	6,583	0,136	11,768
Aldehyd								
- Formaldehyd	ton	839,0	46,9	0,1	x	x	x	886
- Acetaldehyd	ton	65,36	0,25	0,00	x	x	x	66
- Acrolein	ton	3,14	0,03	0,00	x	x	x	3
- Propanal	ton	5,97	0,01	0,00	x	x	x	6
- Acetone	ton	7,84	0,05	0,09	x	x	x	8
- Butanal	ton	3,33	0,02	0,08	x	x	x	3
- Pentanal	ton	4,46	0,00	0,00	x	x	x	4
- Hexanal	ton	0,57	0,00	0,00	x	x	x	1
- Benzaldehyd	ton	0,93	0,01	0,00	x	x	x	1
SO ₂	ton	x	43	x	531	150	7	731
HCl	ton	x	x	x	98	146	4	248
HF	ton	x	x	x	6,00	0,41	0,35	7
As	kg	x	x	x	150	6	10	166
Cd	kg	x	x	x	105	2	4	111
Co	kg	x	x	x	46	6	10	63
Cr	kg	x	x	x	54	5	10	69
Cu	kg	x	x	x	223	5	11	239
Hg	kg	x	x	x	164	2	3	169
Mn	kg	x	x	x	75	7	131	213
Ni	kg	x	x	x	105	5	10	120
Pb	kg	x	x	x	2723	19	15	2758
Sb	kg	x	x	x	500	6	10	516
Tl	kg	x	x	x	54	6	10	70
V	kg	x	x	x	54	6	10	70
Dioxin	g	x	x	x	3,485	0,070	0,006	4
Smøreolie	ton	425	x	x	x	x	x	425
1,3-butadien	ton	1,6	x	x	x	x	x	2
Brændselsforbrug	TJ	34836	2217	9281	22214	3179	4233	75960



Figur 2 Brændselsforbrug for decentral kraftvarme



Figur 3 Decentrale kraftvarmeværkers emissionsbidrag. NO_x, UHC, SO₂, CO, TSP, Hg, Pb og Cd

6.2 År 1990-1999

I DMU's årlige rapporter af emissioner indgår også rekalkulation af emissionen i tidligere år. Derfor er der udarbejdet emissionsfaktorer for perioden 1990-2000. Emissionsfaktorer for årene før 2000 er behæftet med langt større usikkerhed end for år 2000, men der er tale om et bedste skøn ud fra kendskabet til anlægstyper de pågældende år.

6.2.1 Naturgasmotorer

For gasmotorer ønskes der tidsserier for UHC, NO_x og CO.

Fastlæggelse af emissionsfaktorer i 1994-2000 kan baseres på energiproducenttællingen. Antaget at et anlægs ID i energiproducenttællingen har samme motortype alle årene er der udarbejdet en oversigt over de forskellige motortypers gasforbrug i 1994-2000 (bilag 10). DGC har kontrolleret at fordelingen er i overensstemmelse med gassekskabernes anlægsliste. DGC har suppleret med en oversigt over installeret effekt af forskellige gasmotortyper i 1990. Gasforbruget er antaget fordelt ligesom den installerede effekt.

Emissionsfaktorer for CO, NO_x og UHC i 1990-2000 er beregnet ud fra anlægssammensætningen (bilag 10) og undergruppernes emissionsfaktorer (side 30). Tidsserier for emissionsfaktorer er endvidere udarbejdet på baggrund af en emissionsudredning fra 1997 /1/. Tidsserier er vist i tabel 15 og i figur 4. De to datasæt viser overordnet samme udvikling af emissionsfaktorerne.

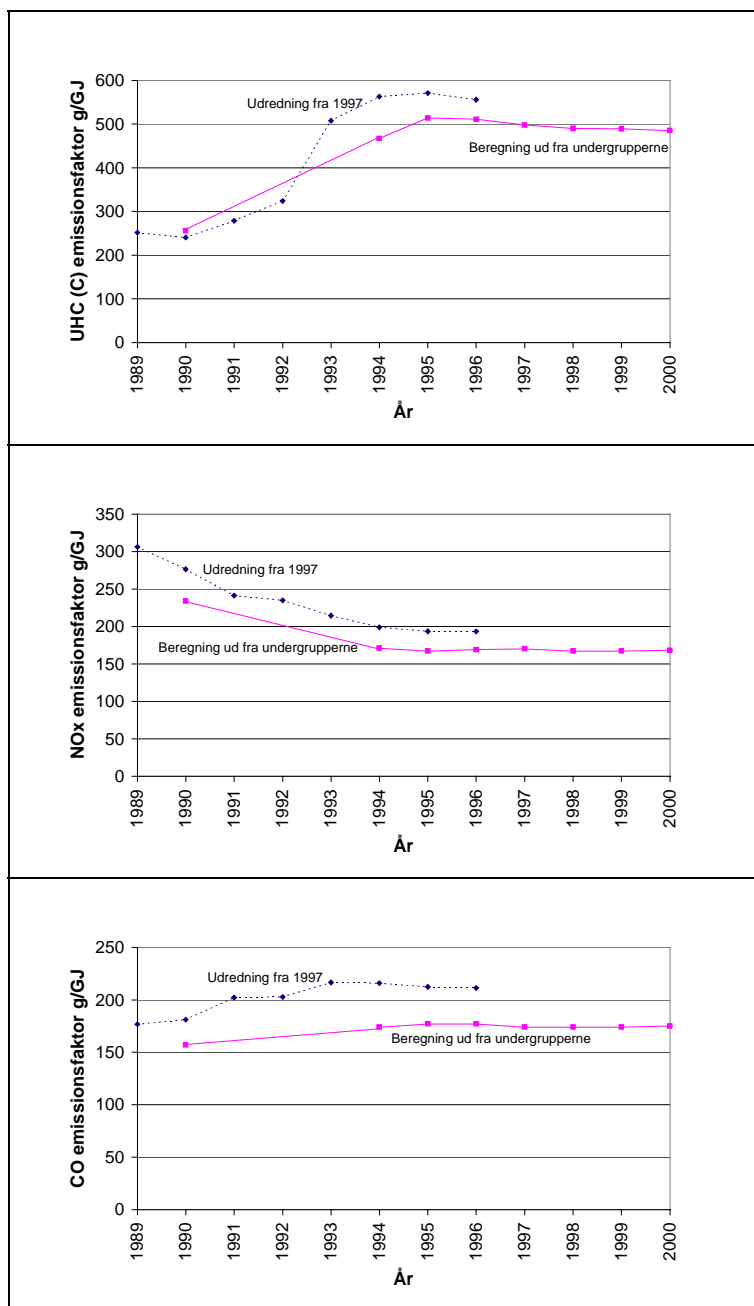
I det datasæt der er beregnet på baggrund af undergruppernes emissionsfaktorer tages der ikke hensyn til de forbedringer der er sket på de enkelte motortyper. UHC emissionen er for nogle motortyper mindsket som følge af opgraderinger. Derfor forventes UHC emissionsfaktorer baseret på motortypernes emissionsfaktorer at blive undervurderet en smule i perioden 1996-1999. Det svarer ganske godt overens med figuren. Tilsvarende undervurderes CO emissionen som følge af at der er installeret CO katalysatorer på flere motorer de senere år. Udredningen fra 1997 vurderes derfor at udgøre det mest korrekte datasæt indtil 1996.

Emissionsfaktorer udarbejdet på baggrund af udredningen fra 1997 vil blive benyttet for årene 1990-1996.

CO emissionsfaktoren er næsten uændret i 1997-2000 og faktoren for år 2000 vil blive brugt for hele perioden. Det samme gælder for NO_x. For UHC vil de årsspecifikke emissionsfaktorer for 1997-2000 blive brugt.

Tabel 16 Emissionsfaktor for naturgasmotorer, tidsserier

År	UHC	UHC	NO _x	NO _x	CO	CO
Datagrundlag	Udredning 1997 /1/	Energiprodu- centtælling og undergruppernes emissionsfaktorer	Udredning 1997 /1/	Energiprodu- centtælling og undergruppernes emissionsfaktorer	Udredning 1997 /1/	Energiprodu- centtælling og undergruppernes emissionsfaktorer
Før 1990	251		306		177	
1990	240	256	276	234	181	157
1991	279		241		202	
1992	324		235		203	
1993	508		214		217	
1994	563	467	199	171	216	174
1995	571	514	194	167	212	177
1996	556	511	193	169	211	177
1997		498		170		174
1998		490		167		174
1999		489		167		174
2000		485		168		175



Figur 4 Emissionsfaktorer for gasmotorer, udvikling 1990-2000

6.2.2 Biogasmotorer

For biogasmotorer ønskes tidsserier for UHC, NO_x og CO.

På basis af fabrikaternes emissionsfaktorer og energiproducenttællingen 1995 er der udarbejdet emissionsfaktorer for UHC, CO og NO_x. De beregnede faktorer er UHC 237 g/GJ, NO_x 635 g/GJ og CO 252 g/GJ.

DGC har udarbejdet en oversigt over installeret effekt i 1990 af forskellige gasmotorfabrikater. På baggrund heraf er beregnet emissionsfaktorerne: UHC 188 g/GJ, NO_x 711 g/GJ og CO 230 g/GJ.

UHC emissionsfaktoren har været stigende i perioden 1990 til 2000 mens NO_x har været faldende. Dette svarer godt overens med at der

er installeret flere forkammermotorer i perioden. Der antages lineær udvikling mellem 1990 og 1995 og mellem 1995 og 2000.

6.2.3 Gasturbiner

For gasturbiner ønskes alene tidsserier for NO_x emissionsfaktoren.

På basis af fabrikaternes emissionsfaktorer samt energiproducenttællingen er beregnet en emissionsfaktor på 141 g/GJ i 1995. Ved at udvælge de anlæg fra energiproducenttællingen som var sat i drift før 1991 er der beregnet en emissionsfaktor på 161 g/GJ i 1990. Her er forudsat at gasforbrugets fordeling mellem de enkelte værker er det samme som i 1994.

Hidtil er benyttet en emissionsfaktor på 174 g/GJ stammende fra emissionsudredningen fra 1997 /1/. I denne udredning anføres en emissionsfaktor for turbiner installeret før 1990 at være 210 g/GJ.

Der er ganske stor forskel på niveauet for NO_x emissionsfaktor i de to tidsserier. Det ligger dog fast at emissionsfaktoren er faldet i perioden. Emissionsfaktorer baseret på energiproducenttællingen og fabrikaternes NO_x emissionsfaktor vil blive brugt i fremtidige emissionsopgørelser da datagrundlaget er ganske omfattende og en ikke ubetydelig del af de indsamlede data er af ældre dato.

6.2.4 Affaldsforbrændingsanlæg

For affaldsforbrændingsanlæg ønskes tidsserier for SO₂, tungmetaller og dioxin. For affaldsforbrændingsanlæg er typen af røggasrensning i 1990 og 1995 anført i rapporten *Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996* /3/. Alle anlæg regnes uden dioxinrensning indtil år 2000.

1990

I 1990 blev hovedparten af affaldet brugt på værker der kun havde elektrofilter mens en mindre del blev brugt på værker med semitør røggasrensning og posefilter. Da der ikke længere findes værker der alene er forsynet med elektrofilter er der ikke udarbejdet emissionsfaktorer for denne anlægstype.

SO₂ emissionsfaktoren på anlæg uden svovlrensning baseres på en antagelse om at svovlindholdet i affald er 0,24% og at 63% af svovlindholdet vil bindes i asken. Emissionsfaktoren er da 169 g/GJ på anlæg uden svovlrensning. For værker med semitør røggasrensning bruges emissionsfaktoren for år 2000 dvs. 10,3 g/GJ. Den beregnede emissionsfaktor for 1990 er da 138 g/GJ.

For dioxin bruges emissionsfaktoren for anlæg uden dioxinrensning. Emissionsfaktorer for tungmetaller tages fra tungmetalrapporten /3/.

1995

I 1995 var alle værker forsynet med rensning for både sure gasser og partikler.

SO₂ emissionsfaktoren for 1995 beregnes ud fra undergruppernes emissionsfaktorer til 30 g/GJ. Den hidtil benyttede emissionsfaktor

for SO₂ (69 g/GJ) er baseret på data fra grønne regnskaber for affaldsfyrede værker år 2000.

Tungmetalemissionsfaktorer for 1995 er beregnet ud fra undergruppernes emissionsfaktorer og sammenlignet med de emissionsfaktorer som er anført i tungmetalrapporten, se tabel 17. Det fremgår at de betragtede emissioner har været faldende, men også at der er forskel på de to datasæt for 1995. Begge sæt af emissionsfaktorer er helt eller delvist baseret på målinger under detektionsgrænsen.

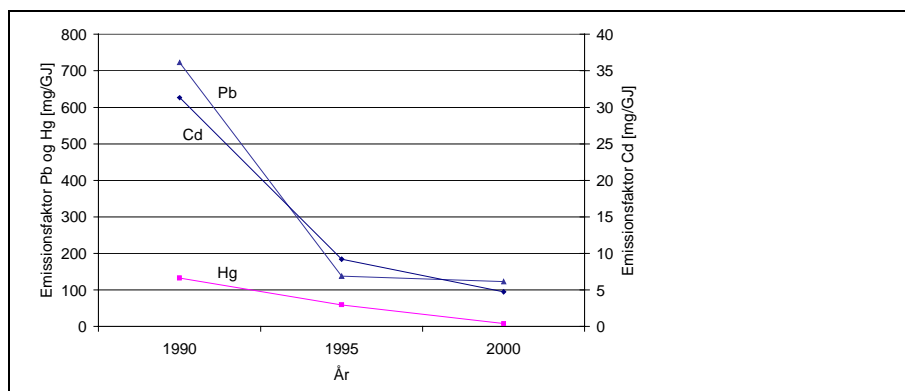
Det er derfor afgørende at få klarlagt om faldet i tungmetallernes emissionsfaktorer er udtryk for en anlægsudvikling eller primært at detektionsgrænsen er blevet lavere. Målemetoden for bestemmelse af tungmetaller i røggas er forbedret i perioden 1990-2000. Detektionsgrænsen for Pb er således reduceret fra 10 mg til 0,1 mg pr filter. Når det ikke har betydet at alle målinger er over detektionsgrænsen, så skyldes det at emissionen samtidig er faldet markant. Da der kan være sket en reduktion af emissionerne fra den enkelte type af røggasrensning kan det ikke afvises at en beregning ud fra undergruppernes emissionsfaktorer vil undervurdere emissionen i 1995. Fx kan et elektrofilter eller et posefilter meget vel have større rensningsgrad end i 1995. Data fra tungmetalrapporten vurderes at være mest vel-dokumenterede for 1995 og vil derfor fortsat blive brugt i emissionsopgørelserne.

I figur 5 er emissionsfaktorernes udvikling vist for Pb, Cd og Hg. Disse tre tungmetaller er de prioriterede tungmetaller i forbindelse med CLRTAP rapporteringerne. Der kan konstateres et ensartet kraftigt fald i emissionsfaktorerne.

Tabel 17 Emissionsfaktorer for affaldsforbrænding, historiske opgørelser

	Enhed	1990	1995	1995	2000
Reference	-	/3/	/3/	1)	1)
As	mg/GJ	7,82	3,53	8,0	6,74
Cd	mg/GJ	31,32	9,21	5,7	4,73
Co	mg/GJ	-	-	2,0	2,09
Cr	mg/GJ	186,1	32,97	2,5	2,43
Cu	mg/GJ	123,49	31,80	11,7	10,03
Hg	mg/GJ	132,42	58,70	8,5	7,39
Mn	mg/GJ	-	-	3,7	3,37
Ni	mg/GJ	191,96	55,40	5,5	4,71
Pb	mg/GJ	722,60	137,57	159	122,59
Sb	mg/GJ	-	-	27,8	22,49
Tl	mg/GJ	-	-	2,5	2,42
V	mg/GJ	-	-	2,5	2,42

1) Anlægstyper efter /3/, emissionsfaktorer for undergrupper iht tabel 3



Figur 5 Emissionsfaktorer for tungmetaller i 1990, 1995 og 2000

6.2.5 Halm- og træfyrede værker

I 1990 var der tre halmfyrede decentral kraftvarmeværker: Rudkøbing, Haslev og Slagelse. I 1995 var der kommet yderligere 3 værker til nemlig Grenå, Thisted og Masnedø.

I 1990 benyttede kun to decentrale værker træ som brændsel: Novopan og Junckers kedel 7. I 1995 var yderligere Måbjergværket, Thisted og Frederikshavn Affaldsforbrændingsanlæg i drift (tilsatsfyring af skovflis).

Der er ikke udarbejdet tidsserier for emissionsfaktorer for træ og halm.

6.3 Årlige opdateringer

Hele arbejdet omkring udarbejdelse af emissionsfaktorer har taget udgangspunkt i energiproducenttællingen år 2000. Emissionsfaktorerne vil ændres år for år efterhånden som nye anlæg sættes i drift, røggasrensningen forbedres eller gamle anlæg tages ud af drift. De emissionsfaktorer som baseres på undergruppernes emissionsfaktorer kan opdateres ved at følge ændringerne i anlægstyper. Det er langt fra alle emissionsfaktorer der baseres på undergruppernes emissionsfaktorer og som dermed kan opdateres på denne måde.

6.4 Fremtid

6.4.1 Lovgivning

Der er to bekendtgørelser der har indflydelse på emissionerne fra decentrale anlæg i fremtiden: 1) Bekendtgørelse om begrænsning af emissioner af nitrogenoxider, uforbrændt carbonhydrider og carbonmonoxider fra gasmotorer og gasturbiner (Bek. nr. 720 af 05/10/98) og 2) Bekendtgørelse om anlæg, der forbrænder affald (Bek. nr. 162 af 11/03/2003).

6.4.2 Gasmotorer og gasturbiner

Bekendtgørelsen omfatter motorer og turbiner til forbrænding af naturgas samt gas fra forgasning af faste brændsler (kul, halm, affald,

m.v.) i faste installationer med en indfyret effekt på over 120 kW. Der gælder forskellige emissionsgrænseværdier for eksisterende og nye gasmotorer/gasturbiner. Ved eksisterende anlæg forstås anlæg der var i drift før den 17. oktober 1998. Disse anlæg skal overholde grænseværdierne for nye anlæg senest den 17. oktober 2006. Tabel 18 viser emissionsgrænseværdierne omregnet til emissionsfaktorer for eksisterende og nye anlæg.

Tabel 18 Emissionsfaktorerne for nye og eksisterende anlæg i henhold til bekendtgørelsen om gasmotorer og gasturbiner

Stof	Nye anlæg			Eksisterende anlæg	
	NO _x [g/GJ]	UHC (C) [g/GJ]	CO [g/GJ]	NO _x [g/GJ]	CO [g/GJ]
Gasmotoranlæg	144	392*	131	170	170
Gasturbineanlæg	52	-	39	170	170

* Gældende ved en elvirkningsgrad på 30%. Grænseværdierne ændres ligefrem proportionalt i op eller nedadgående retning afhængig af elvirkningsgraden.

Af tabellen ses at der udover skærpede krav til NO_x og CO også indføres emissionsgrænseværdier for UHC. For alle tre stoffer gælder at en del af gasmotortyperne overskrider grænseværdierne der kommer til at gælde fra 2006.

Tabel 19 viser aggregerede emissionsfaktorer og emissioner for naturgasmotorer når de motortyper der overskred emissionsgrænseværdierne netop overholde disse. Beregningerne er baseret på naturgasforbruget og den sammensætning der er af motorer i 2000.

Tabel 19 Fremskrevne emissionsfaktorer og samlet emission for gasmotorer i 2006

	NO _x		UHC		CO	
	Emissionsfaktor (g/GJ)	Emission (ton)	Emissionsfaktor (g/GJ)	Emission (ton)	Emissionsfaktor (g/GJ)	Emission (ton)
Gasmotorer 2000	167	5888	487	17159	174	6151
Gasmotorer 2006	130	4600	416	14682	127	4463

Emissionsfaktorerne og emissionerne for NO_x, UHC og CO skal falde med 22%, 14% og 27%.

Gasturbinerne har en gennemsnitlig emissionsfaktor for NO_x på 124 g/GJ og alle de typer der er målt på vil ligge over grænseværdierne på 52 g/GJ. Der skal altså ske en reduktion på ca. 60%. CO- emissionsfaktoren på 39 g/GJ er overholdt for alle gasturbineanlægstyper.

For biogasdrevne motorer gælder alene Luftvejledningen og Gasreglementet.

6.4.3 Affaldsforbrænding

Bekendtgørelsen omfatter dels forbrændingsanlæg og medforbrændingsanlæg. Da alle danske affaldsforbrændingsanlæg medforbrænder forbrændingseget husholdningsaffald, regnes de som forbrændingsanlæg (Bek. nr. 162 11/03/2003, bilag 7). Bekendtgørelsen finder først anvendelse fra den 28 december 2005 for anlæg der er i drift inden den 24. marts 2003. Tabel 20 viser emissionsgrænseværdierne

omregnet til emissionsfaktorer for forbrændingsanlæg samt de aggregerede emissionsfaktorer for de anlæg der er målt på.

Tabel 20 Emissionsfaktorer i henhold til bekendtgørelse om affaldforbrændingsanlæg

Stof	Emissionsfaktor (g/GJ)	
	Bekendtgørelse	Målt
Total støv	5,24	<2,02
TOC	5,24	<1,2
HCl	5,24	<4,4
HF	0,52	<0,3
SO ₂	26,2	<24
NO _x	105	124
NO _x *	210	
Cd + Tl	0,0262	<0,0048
Hg	0,0262	<0,0074
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	2,62	<178
Dioxin	0,0524	0,157
CO	26,2	<8

* For anlæg med en kapacitet på mindre end 6 tons affald/time og godkendt inden 28. december 2002.

Fra tabellen ses at alle de gennemsnitlige emissionsfaktorerne, undtagen emissionsfaktoren for NO_x, ligger under bekendtgørelsens emissionsgrænseværdier. Dette gælder også for de fleste anlægstyper, dog med følgende undtagelser: Emissionsfaktoren for HCl fra restgruppen er for høj. Emissionsfaktoren for SO₂ er kun overholdt for anlæg af typen elektrofilter, våd røggasrensning og posefilter samt typen semitør røggasrensning, (cyklon) og posefilter. NO_x emissionsfaktoren er kun overholdt for anlæg med semitør røggasrensning hvis kapaciteten er større end 6 tons affald/time og emissionsgrænseværdien for dioxin er kun overholdt for anlæg med dioxinrensning.

7 Værkernes andel af samlet dansk emission

I tabel 21 redegøres for de samlede danske emissioner af stoffer rapporteret under UNFCCC (Klimakonventionen) og Konventionen om langtransporteret, grænseoverskridende luftforurening (CLRTAP). Emissioner, som ikke udgør en væsentlig del af de samlede danske emissioner, kan stadig have betydning for Eltras udarbejdelse af miljødeklaration.

Emissionsandelen fra decentral kraftvarme er størst for Pb, Cd, Hg og As. 38% af den samlede danske Pb emission stammer fra decentral kraftvarme. For Cd og As er emissionsandelen 18% mens den for Hg er 16%. Det skal bemærkes at mange tungmetalmålinger ligger under detektionsgrænsen og at bidraget derfor *kan* være overvurderet. Emissionsandelen for Cr, Cu og Ni er lavere end for de øvrige tungmetaller.

Hvis Pb emissionsfaktoren for affaldsforbrændingsanlæg antages at være nul når målingen er under detektionsgrænsen (emissionsfaktoren 51 mg/GJ i stedet for 123 mg/GJ), så beregnes en emission fra decentral kraftvarme på 1168 kg og en samlet dansk emission på 5728 kg. Den samlede danske emission ville således være 78% af det der nu rapporteres. Det er en meget væsentlig usikkerhedsfaktor for den samlede emissionsopgørelse.

Emissionen af NO_x fra decentral kraftvarme udgør 6% af den samlede danske emission. For SO₂ og NMVOC er andelen ca. 3%. CO andelen fra decentral kraftvarme er kun 1%, mens partikelemissionerne udgør under 1% af den samlede emission. PAH emissionen udgør ligeledes under 1% af den samlede emission.

Dioxin emissionen fra decentral kraftvarme udgør 3,6 g I-Teq. Den samlede emission rapporteret for år 2001 er 81,17 g I-Teq. Emissionsopgørelsen for dioxin er udarbejdet af Miljøstyrelsen på baggrund af en rapport udført af dk-Teknik i 1997 /2/ dvs. før der var installeret dioxinrensning på affaldsforbrændingsanlæggene. Opgørelsen er baseret på en emissionsfaktor for affaldsforbrændingsanlæg på 2 ng I-Teq/m_n³ (ved 11% O₂) svarende til 1,05 µg/GJ dvs. betydeligt højere end den emissionsfaktor der er fundet i dette projekt (0,157 µg/GJ). At emissionsbidraget fra decentral kraftvarme kun udgør 4% af den samlede dioxinmission er derfor undervurderet.

CH₄ emissionen fra decentral kraftvarme udgør 7% af de samlede emissioner. Emissionen af N₂O fra decentral kraftvarme udgør under 1% af den samlede emission.

Tabel 21 Emissioner der rapporteres under CLRTAP og Klimakonventionen, år 2000

		Total 3)	Decentral KV	Andel decentral KV [%]
NO _x	ton NO ₂	206760	11675	6
CO	ton	578396	7461	1
NMVOG	ton	126599	4150	3
SO _x	ton SO ₂	27601	731	3
TSP	ton	42402	124	0,3
PM10	ton	20437	42	0,2
PM2.5	ton	13809	36	0,3
Pb	kg	7318	2758	38
Cd	kg	625	111	18
Hg	kg	1034	169	16
As	kg	929	166	18
Cr	kg	1667	69	4
Cu	kg	8566	239	3
Ni	kg	12913	120	1
Benzo[a]pyren	kg	2374	0,212	0,0
Benzo[b]fluoranthen	kg	3179	2,007	0,1
Benzo[k]fluoranthen	kg	1084	1,169	0,1
Indeno[1,2,3-cd]pyren	kg	2) 1772	0,316	0,0
Dioxin	g I-Teq	1) 81,17	3,6	(>4)
N ₂ O	Gg	29	0,1	0,3
CH ₄	Gg	261	19	7

1) Rapporteret for år 2001. Nye emissionsfaktorer for dioxin fra decentral kraftvarme er ikke indarbejdet i Total. 2) Rapporteret for år 2000. 3) Total afviger fra de senest rapporterede data, da de nye emissionsfaktorer for decentral kraftvarme er indarbejdet.

Betragtes alene energianlæg er andelen af emission der stammer fra decentral kraftvarme som vist i tabel 22. Under energianlæg er inkluderet kraft- og kraftvarmeværker, fjernvarmeværker, kedler, villa-kedler og brændeovne, industrielle kedler og procesbrændere. Meta-emissionen fra de decentrale værker udgør hele 80% af den samlede emission fra energianlæg. 53% af Pb emissionen på energianlæg stammer fra de decentrale kraftvarmeværker.

Tabel 22 Decentrale værkers andel af emissionen fra energianlæg

	Energianlæg	Decentral KV	Andel [%]
SO ₂ [Mg]	23055	731	3
NO _x [Mg]	68756	11675	17
NMVOG [Mg]	16857	4150	25
CH ₄ [Mg]	23500	18863	80
CO [Mg]	144656	7461	5
N ₂ O [Mg]	1141	100	9
TSP [Mg]	5224	124	2
PM10 [Mg]	4520	42	1
PM2,5 [Mg]	4009	36	1
As [kg]	896	166	19
Cd [kg]	554	111	20
Cr [kg]	1430	69	5
Cu [kg]	1107	239	22
Hg [kg]	928	169	18
Ni [kg]	11422	120	1
Pb [kg]	5230	2758	53
Brændselsforbrug [TJ]	535289	75960	14

8 Konklusion

Der er udarbejde emissionsfaktorer for decentrale værker af typerne naturgasdrevne motorer og turbiner, biogasdrevne motorer, affaldsforbrændingsanlæg samt træ- og halmfyrede kraftvarmeværker.

Datagrundlaget har været ganske omfattende idet et stort antal eksisterende målinger er valideret via projektmålingerne og derfor indgår på lige fod med de gennemførte projektmålinger.

Et uddrag af de udarbejdede emissionsfaktorer er vist i tabel 23. For hvert stof er den højeste emissionsfaktor markeret med fed skrift. Det fremgår at naturgasmotorernes emissionsfaktorer for UHC (NMVOC og CH₄), smøreolie og formaldehyd er højere end for de øvrige anlægstyper. Biogasdrevne motorer har de største emissionsfaktorer for NO_x, CO og lugt. Affaldforbrændingsanlæggenes emissionsfaktorer er højest for tungmetallerne (Cd, Hg og Pb), dioxin og HF. Halmfyrede værker har den højeste emissionsfaktor for PAH, SO₂ og HCl, mens træfyrede værker har de største emissionsfaktorer for partikler (TSP, PM_{2,5} og PM₁). N₂O emissionsfaktoren er højest for gasturbinanlæg.

Tabel 23 Uddrag af emissionsfaktorer for decentral kraftvarme

Emission	Enhed	Naturgasmotorer	Biogasmotorer	Gas-turbiner	Affald KV	Halm KV	Træ KV
NO _x	g/GJ	168	540	124	124	131	69
UHC (C)	g/GJ	485	254	<2,3	<1,2	<0,93	<4,1
- CH ₄	g/GJ	520	323	1,5	<0,6	<0,5	<2,1
- NMVOC	g/GJ	117	14	1,4	<1	<0,8	<3,4
CO	g/GJ	175	>273	6	<8	63	79
N ₂ O	g/GJ	1,3	0,5	2,2	<1,3	1,4	<0,8
TSP	g/GJ	0,76	2,63	0,10	<2,02	3,97	7,94
PM _{2,5}	mg/GJ	161	206	51	1084	102	1226
PM ₁	mg/GJ	143	132	38	1003	77	1033
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,023	<0,003	<0,005	<0,006	<0,154	<0,008
Formaldehyd	g/GJ	24	21,15	0,01	x	x	x
SO ₂	g/GJ	x	19	x	<24	47	<1,8
HCl	g/GJ	x	x	x	<4,4	46	<0,9
HF	g/GJ	x	x	x	<0,3	<0,2	<0,09
Cd	mg/GJ	x	x	x	<4,8	<0,8	<1
Hg	mg/GJ	x	x	x	<7,4	<0,6	<0,8
Pb	mg/GJ	x	x	x	<123	<6,2	<3,7
Dioxin	µg/GJ	x	x	x	0,157	0,022	0,001
Lugt	LE/m ³	8229	18516	2027	x	x	x
Smøreolie	g/GJ	12	x	x	x	x	x

Emissionsfaktorerne for decentrale kraftvarmeværker er sammenlignet med emissionsfaktorer for kraftværker. Emissionsfaktorerne for CO og for de uforbrændte kulbrinter CH₄ og NMVOC er væsentligt højere for decentral kraftvarme end for kraftværker. Det skyldes gasmotorernes relativt høje emissionsfaktorer for disse stoffer. Emissionsfaktorerne for Cd og Pb er ligeledes væsentligt højere for decentrale værker end for kraftværkerne og det skyldes affaldsforbrændingsanlæggenes relativt høje emissionsfaktorer for disse stoffer. SO₂

emissionsfaktoren er lavere for decentrale værker end for kraftværkerne. NO_x emissionsfaktorerne ligger på samme niveau for de to anlægstyper men er dog lidt lavere for kraftværker end for decentrale værker.

Mange emissionsmålinger for metaller har været under detektionsgrænsen. I disse tilfælde er detektionsgrænsen brugt som emissionsfaktor. Denne praksis giver anledning til en overvurdering af emissionsfaktorerne. Sættes emissionsfaktoren i stedet til nul hvis målingen har været under detektionsgrænsen fastlægges et interval for emissionsfaktoren. Pb emissionsfaktoren for affaldsforbrændingsanlæg er på denne måde fastlagt til 51-123 mg/GJ.

På baggrund af de reviderede emissionsfaktorer er der udarbejdet en emissionsopgørelse for decentral kraftvarme i Danmark. Gasmotorer er den væsentligste emissionskilde til NO_x , UHC, CO, N_2O , aldehyd og PAH. Affaldsforbrændingsanlæg er den største kilde til emission af partikler, SO_2 , dioxin, HF og metaller. Halmfyrede værker er den største kilde til emission af HCl.

De decentrale værkers emission er sammenlignet med de samlede danske emissioner. Pb emissionen fra decentral kraftvarme udgør 38% af den samlede danske emission. Også emissionen af Cd, Hg og As udgør over 15% af den samlede danske emission. Øvrige væsentlige emissionsbidrag fra decentral kraftvarme er CH_4 og NO_x der udgør hhv. 6% og 7% af den samlede danske emission.

Det forhold at mange Pb målinger ligger under detektionsgrænsen giver i sig selv anledning til en væsentlig usikkerhed på den samlede danske emissionsopgørelse for Pb.

Referencer

1. Nielsen, M.; Wit, J. d. (1997): Emissionsforhold for gasdrevne kraftvarmeanlæg <25MW_e, Miljøstyrelsen, Arbejdsrapport Nr. 17 1997
2. Jensen, A. A. (1997): Dioxins, Danish Environmental Protection Agency, Working Report Nr. 50 1997,
3. Illerup, J. B.; Geertinger, A.; Hoffmann, L.; Christiansen, K. (1999): Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996, Danmarks Miljøundersøgelser. 66 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 301
4. Lange, Christian Fogh (2003), Risø, e-mail 28-04-2003
5. DMU (2003), Opgørelse af centrale kraftværkers emissionsfaktorer år 2000

Bilag 1

Omregningsformler

Naturgas:

$$EMF_{g/GJ} = \frac{EMF_{mg/m^3} \cdot 0,237586 \cdot 21}{21 - O_2}$$

hvor

EMF_{mg/nm^3} er emissionsfaktoren i mg/m_n^3

O_2 er den iltprocent som emissionsfaktoren i mg/m_n^3 er anført ved

$EMF_{g/GJ}$ er emissionsfaktoren i g/GJ

Den korrigerede konstant er beregnet af DGC ud fra naturgaskvaliteten år 2002

Biogas:

$$EMF_{g/GJ} = \frac{EMF_{mg/m^3} \cdot 0,226557 \cdot 21}{21 - O_2}$$

hvor

EMF_{mg/nm^3} er emissionsfaktoren i mg/m_n^3

O_2 er den iltprocent som emissionsfaktoren i mg/m_n^3 er anført ved

$EMF_{g/GJ}$ er emissionsfaktoren i g/GJ

Den korrigerede konstant er beregnet af DGC ud fra en typisk biogassammensætning

Affald:

$$EMF_{g/GJ} = \frac{EMF_{mg/m^3} \cdot 0,249429 \cdot 21}{21 - O_2}$$

hvor

EMF_{mg/nm^3} er emissionsfaktoren i mg/m_n^3

O_2 er den iltprocent som emissionsfaktoren i mg/m_n^3 er anført ved

$EMF_{g/GJ}$ er emissionsfaktoren i g/GJ

Den korrigerede konstant er beregnet ud fra en brændværdi på 10,5 GJ/ton og en røggasmængde på $5500 m_n^3$ ref. 11% O_2 pr ton affald /Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-96, Faglig rapport fra DMU, nr. 301, side 25/

Træ:

$$EMF_{g/GJ} = \frac{EMF_{mg/m^3} \cdot 0,272379 \cdot 21}{21 - O_2}$$

hvor

EMF_{mg/nm^3} er emissionsfaktoren i mg/m_n^3

O_2 er den iltprocent som emissionsfaktoren i mg/m_n^3 er anført ved

$EMF_{g/GJ}$ er emissionsfaktoren i g/GJ

Den korrigerede konstant er beregnet af dk-Teknik ud fra et fugtindhold på 45%

Halm:

$$EMF_{g/GJ} = \frac{EMF_{mg/m^3} \cdot 0,259719 \cdot 21}{21 - O_2}$$

hvor

EMF_{mg/nm^3} er emissionsfaktoren i mg/m_n^3

O_2 er den iltprocent som emissionsfaktoren i mg/m_n^3 er anført ved

$EMF_{g/GJ}$ er emissionsfaktoren i g/GJ

Den korrigerede konstant er beregnet af dk-Teknik ud fra et fugtindhold på 15%

Bilag 2

Emissionsfaktorer for affaldsforbrændingsanlæg

Table 24 Affaldsforbrændingsanlæg, samlet betragtning af anlægstypen

	Enhed	Emissionsfaktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal anlæg med måling 1)	Dækningsgrad [%]
NOx	g/GJ	124	77	219	35	15 (17 linier)	70,2
UHC (C)	g/GJ	<1,2	0,5	5,5	1,2	14 (16 linier)	64,4
- CH4	g/GJ	<0,6	-	-	-	-	-
- NMVOC	g/GJ	<1	-	-	-	-	-
CO	g/GJ	<8	1,7	19,7	4,0	15 (17 linier)	70,8
N2O	g/GJ	<1,3	0,84	1,75	0,35	5 (5 linier)	33,1
TSP	g/GJ	<1,9	0,0	7,3	2,3	15 (16 linier)	69,2
PM10	mg/GJ	3226	17	5427	3121	3 (3 linier)	25,6
PM2,5	mg/GJ	3104	2	5273	3040	3 (3 linier)	25,6
PM1	mg/GJ	2873	0	4889	2820	3 (3 linier)	25,6
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,006	0,002	0,020	0,007	5 (5 linier)	33,1
- Naphthalen	mg/GJ	3,405	0,198	7,173	2,898	5 (5 linier)	33,1
- Acenaphthen	mg/GJ	<0,009	0,002	0,021	0,008	5 (5 linier)	33,1
- Acenaphthylen	mg/GJ	<0,084	0,000	0,418	0,183	5 (5 linier)	33,1
- Anthracen	mg/GJ	<0,017	0,003	0,050	0,019	5 (5 linier)	33,1
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	<0,002	0,000	0,003	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	<0,0009	0,000	0,001	0,000	5 (5 linier)	33,1
- Benzo[b]fluoranthren	mg/GJ	<0,002	0,000	0,003	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	<0,002	0,001	0,002	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Benzo[k]fluoranthren	mg/GJ	<0,0008	0,000	0,002	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Chrysen	mg/GJ	<0,006	0,001	0,020	0,008	5 (5 linier)	33,1
- Di-benz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,002	0,001	0,002	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Fluoranthren	mg/GJ	0,056	0,003	0,278	0,121	5 (5 linier)	33,1
- Fluoren	mg/GJ	<0,076	0,001	0,440	0,195	5 (5 linier)	33,1
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,0009	0,000	0,002	0,001	5 (5 linier)	33,1
- Phenanthren	mg/GJ	0,358	0,007	1,502	0,644	5 (5 linier)	33,1
- Pyren	mg/GJ	0,035	0,002	0,191	0,083	5 (5 linier)	33,1
SO2	g/GJ	<22,5	1	131	37	16 (19 linier)	73,3
HCl	g/GJ	<4,6	1,3	21,3	6,6	16 (19 linier)	73,3
HF	g/GJ	<0,2	0,1	1,6	0,4	15 (18 linier)	71,8
As	mg/GJ	<5,3	2,2	34,0	11,4	8 (8 linier)	42,5
Cd	mg/GJ	<3,6	1,0	10,5	4,2	8 (8 linier)	42,5
Co	mg/GJ	<2,3	0,0	2,6	1,1	5 (5 linier)	31,5
Cr	mg/GJ	<2,4	2,0	2,6	0,3	8 (8 linier)	42,5
Cu	mg/GJ	<6,6	2,6	29,0	9,0	8 (8 linier)	42,5
Hg	mg/GJ	<6,8	0,7	34,4	11,4	8 (8 linier)	42,5
Mn	mg/GJ	<3,0	2,2	10,5	2,8	8 (8 linier)	42,5
Ni	mg/GJ	<4,6	2,2	15,7	5,0	8 (8 linier)	42,5
Pb	mg/GJ	<154	3	2855	750	14 (16 linier)	56,8
Sb	mg/GJ	<12	3	47	21	4 (4 linier)	29,8
Tl	mg/GJ	<2,5	2,2	2,6	0,2	4 (4 linier)	29,8
V	mg/GJ	<2,5	2,2	2,6	0,2	4 (4 linier)	29,8
Dioxin	µg/GJ	0,114	0,002	0,833	0,245	11 (12 linier)	61,9

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 28 affaldsforbrændingsanlæg

2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Tabel 25 Våd røggasrensning og elektrofilter (ikke flere sektioner i serie)

	Enhed	Emissions- faktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal affaldslinier med måling	Dækningsgrad [%]
NOx	g/GJ	135	102	157	20	8	67,9
UHC (C)	g/GJ	1,7	0,5	2,7	0,8	5	41,9
CO	g/GJ	3,9	1,7	8,4	2,1	8	67,9
N2O	g/GJ	1,8	-	-	-	1	15,3
TSP	g/GJ	4,2	0,3	7,3	2,3	8	67,9
PM10	mg/GJ	5427	-	-	-	1	15,3
PM2,5	mg/GJ	5273	-	-	-	1	15,3
PM1	mg/GJ	4889	-	-	-	1	15,3
PAH (benz[a]pyren- ækvivalent)	mg/GJ	0,020	-	-	-	1	15,3
- Naphthalen	mg/GJ	1,8	-	-	-	1	15,3
- Acenaphthen	mg/GJ	0,021	-	-	-	1	15,3
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,418	-	-	-	1	15,3
- Anthracen	mg/GJ	0,050	-	-	-	1	15,3
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,003	-	-	-	1	15,3
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	15,3
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,003	-	-	-	1	15,3
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	0,002	-	-	-	1	15,3
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	0,002	-	-	-	1	15,3
- Chrysen	mg/GJ	0,020	-	-	-	1	15,3
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	0,002	-	-	-	1	15,3
- Fluoranthen	mg/GJ	0,278	-	-	-	1	15,3
- Fluoren	mg/GJ	0,440	-	-	-	1	15,3
- Indeno[1,2,3- cd]pyren	mg/GJ	0,002	-	-	-	1	15,3
- Phenanthren	mg/GJ	1,502	-	-	-	1	15,3
- Pyren	mg/GJ	0,191	-	-	-	1	15,3
SO2	g/GJ	51	6	131	40	8	67,9
HCl	g/GJ	4,0	1,3	8,4	2,7	8	67,9
HF	g/GJ	0,5	0,1	1,6	0,5	7	63,4
As	mg/GJ	11,5	2,6	15,0	8,7	2	21,4
Cd	mg/GJ	8,2	2,6	10,4	5,5	2	21,4
Co	mg/GJ	2,4				1	15,3
Cr	mg/GJ	2,4	2,4	2,6	0,2	2	21,4
Cu	mg/GJ	21,6	2,6	29,0	18,7	2	21,4
Hg	mg/GJ	10,8	10,5	10,9	0,3	2	21,4
Mn	mg/GJ	4,7	2,4	10,5	5,7	2	21,4
Ni	mg/GJ	4,7	2,4	10,5	5,7	2	21,4
Pb	mg/GJ	135,0	21,0	209,5	82,7	6	46,7
Sb	mg/GJ	46,7	-	-	-	1	15,3
Tl	mg/GJ	2,4	-	-	-	1	15,3
V	mg/GJ	2,4	-	-	-	1	15,3
Dioxin	microgr/GJ	0,373	0,002	0,833	0,336	5	51,0

1) Der er i alt 12 affaldsforbrændingsanlæg med elektrofilter og våd røggasrensning

2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Tabel 26 Elektrofilter, våd røggasrensning og posefilter

	Enhed	Emissions- faktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal affaldslinier med måling	Dækningsgrad [%]
NOx	g/GJ	148	97	219	62	3	79,6
UHC (C)	g/GJ	0,7	0,5	0,9	0,2	3	79,6
CO	g/GJ	4,6	2,1	7,5	2,8	3	79,6
N2O	g/GJ	1,3	1,2	1,3	0,1	2	43,2
TSP	g/GJ	0,5	0,3	0,8	0,3	3	79,6
PM10	mg/GJ	24	-	-	-	1	26,9
PM2,5	mg/GJ	13	-	-	-	1	26,9
PM1	mg/GJ	8	-	-	-	1	26,9
PAH (benz[a]pyren- ækvivalent)	mg/GJ	0,003	0,002	0,004	0,001	2	43,2
- Naphthalen	mg/GJ	0,3	0,198	0,329	0,093	2	43,2
- Acenaphthen	mg/GJ	0,002	0,002	0,002	0,000	2	43,2
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,001	0,000	0,001	0,001	2	43,2
- Anthracen	mg/GJ	0,005	0,003	0,006	0,002	2	43,2
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,000	0,000	0,000	0,000	2	43,2
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,001	0,000	0,001	0,000	2	43,2
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	0,000	2	43,2
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	0,002	0,001	0,002	0,001	2	43,2
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	0,001	0,000	0,001	0,000	2	43,2
- Chrysen	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	0,000	2	43,2
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	0,002	0,001	0,002	0,000	2	43,2
- Fluoranthen	mg/GJ	0,006	0,003	0,007	0,002	2	43,2
- Fluoren	mg/GJ	0,001	0,001	0,002	0,001	2	43,2
- Indeno[1,2,3- cd]pyren	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	0,000	2	43,2
- Phenanthren	mg/GJ	0,022	0,007	0,032	0,018	2	43,2
- Pyren	mg/GJ	0,003	0,002	0,003	0,001	2	43,2
SO2	g/GJ	1,0	0,9	1,1	0,1	3	79,6
HCl	g/GJ	4,1	1,3	14,4	7,5	3	79,6
HF	g/GJ	0,1	0,1	0,2	0,0	3	79,6
As	mg/GJ	2,3	2,2	2,6	0,3	2	43,2
Cd	mg/GJ	1,3	1,2	1,3	0,1	2	43,2
Co	mg/GJ	2,3	2,2	2,6	0,3	2	43,2
Cr	mg/GJ	2,3	2,2	2,6	0,3	2	43,2
Cu	mg/GJ	3,5	2,6	4,1	1,0	2	43,2
Hg	mg/GJ	3,3	0,7	7,6	4,9	2	43,2
Mn	mg/GJ	2,3	2,2	2,6	0,3	2	43,2
Ni	mg/GJ	2,3	2,2	2,6	0,3	2	43,2
Pb	mg/GJ	18,7	13,6	21,8	5,8	2	43,2
Sb	mg/GJ	6,9	2,6	9,5	4,9	2	43,2
Tl	mg/GJ	2,3	2,2	2,6	0,3	2	43,2
V	mg/GJ	2,3	2,2	2,6	0,3	2	43,2
Dioxin	microgr/GJ	0,011	0,002	0,028	0,013	3	79,6

1) Der er i alt 4 affaldsforbrændingsanlæg med elektrofilter, våd røggasrensning og posefilter

2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Tabel 27 Semitør røggasrensning og posefilter (samt evt. cyklon)

	Enhed	Emissions- faktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal affaldslinier med måling	Dækningsgrad [%]
NOx	g/GJ	86	77	122	32	2	77,9
UHC (C)	g/GJ	0,8	0,8	0,8	0,0	2	77,9
CO	g/GJ	17	5	20	10	2	77,9
N2O	g/GJ	1,0	0,8	1,0	0,1	2	77,9
TSP	g/GJ	0,8	0,0	3,9	2,7	2	77,9
PM10	mg/GJ	17	-	-	-	1	62,3
PM2,5	mg/GJ	2	-	-	-	1	62,3
PM1	mg/GJ	0	-	-	-	1	62,3
PAH (benz[a]pyren- ækvivalent)	mg/GJ	0,003	0,002	0,003	0,001	2	77,9
- Naphthalen	mg/GJ	6,0	1,090	7,173	4,302	2	77,9
- Acenaphthen	mg/GJ	0,008	0,002	0,010	0,005	2	77,9
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,035	0,001	0,043	0,030	2	77,9
- Anthracen	mg/GJ	0,013	0,010	0,014	0,003	2	77,9
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	0,000	2	77,9
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,001	0,000	0,001	0,000	2	77,9
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,002	0,000	0,002	0,001	2	77,9
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	0,000	2	77,9
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	0,000	0,000	0,000	0,000	2	77,9
- Chrysen	mg/GJ	0,004	0,002	0,004	0,002	2	77,9
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	0,000	2	77,9
- Fluoranthen	mg/GJ	0,019	0,003	0,023	0,014	2	77,9
- Fluoren	mg/GJ	0,011	0,002	0,013	0,007	2	77,9
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	0,001	0,000	0,001	0,001	2	77,9
- Phenanthren	mg/GJ	0,222	0,024	0,272	0,175	2	77,9
- Pyren	mg/GJ	0,008	0,004	0,009	0,004	2	77,9
SO2	g/GJ	10	3	12	7	2	77,9
HCl	g/GJ	1,9	1,6	3,4	1,3	2	77,9
HF	g/GJ	0,1	0,1	0,2	0,0	2	77,9
As	mg/GJ	2,5	2,2	2,6	0,3	2	77,9
Cd	mg/GJ	1,1	1,0	1,4	0,2	2	77,9
Co	mg/GJ	2,6	-	-	-	1	62,3
Cr	mg/GJ	2,5	2,0	2,6	0,4	2	77,9
Cu	mg/GJ	3,4	2,6	6,7	2,9	2	77,9
Hg	mg/GJ	8,2	1,7	34,4	23,1	2	77,9
Mn	mg/GJ	2,5	2,3	2,6	0,2	2	77,9
Ni	mg/GJ	2,5	2,3	2,6	0,2	2	77,9
Pb	mg/GJ	6,9	2,7	23,5	14,7	2	77,9
Sb	mg/GJ	2,6	-	-	-	1	62,3
Tl	mg/GJ	2,6	-	-	-	1	62,3
V	mg/GJ	2,6	-	-	-	1	62,3
Dioxin	microgr/GJ	0,009	0,006	0,019	0,009	2	77,9

1) Der er i alt 4 affaldsforbrændingsanlæg med semitør røggasrensning (cyklon) og posefilter

2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Table 28 Waste incineration residue group

	Enhed	Emissions-faktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal affaldslinier med måling	Dækningsgrad [%]
NOx	g/GJ	113	91	154	30	4	52,7
UHC (C)	g/GJ	1,8	0,8	5,5	1,8	6	69,3
CO	g/GJ	5,4	4,8	6,3	0,6	4	55,7
N2O	g/GJ	x	x	x	x	x	x
TSP	g/GJ	1,2	0,4	3,6	1,6	3	47,4
PM10	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
PM2,5	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
PM1	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Naphthalen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Acenaphthen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Acenaphthylen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Anthracen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Chrysen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Fluoranthen	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Fluoren	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Phenanthren	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
- Pyren	mg/GJ	-	-	-	-	0	0
SO2	g/GJ	22	3	83	29	6	69,3
HCl	g/GJ	10,1	2,3	21,3	8,8	6	69,3
HF	g/GJ	0,1	0,1	0,2	0,0	6	69,3
As	mg/GJ	9,9	2,6	34,0	22,2	2	39,1
Cd	mg/GJ	8,3	1,2	10,5	6,6	2	39,1
Co	mg/GJ	0,0				1	9,1
Cr	mg/GJ	2,5	2,0	2,6	0,5	2	39,1
Cu	mg/GJ	3,4	2,6	6,2	2,5	2	39,1
Hg	mg/GJ	5,1	1,0	18,5	12,4	2	39,1
Mn	mg/GJ	3,3	3,1	3,9	0,6	2	39,1
Ni	mg/GJ	13,1	4,3	15,7	8,1	2	39,1
Pb	mg/GJ	486	10	2855	1161	6	69,3
Sb	mg/GJ	x	x	x	x	x	x
Tl	mg/GJ	x	x	x	x	x	x
V	mg/GJ	x	x	x	x	x	x
Dioxin	microgr/GJ	0,025	0,021	0,037	0,011	2	39,1

1) Der er i alt 7 affaldsforbrændingsanlæg i restgruppen

2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Tabel 29 Affaldsanlæg med eller uden dioxinrensning med aktivt kul

	Emissions-faktor	Min.	Maks.	Spredning	Antal affalds-linier med måling	Dæknings-grad [%]
Dioxin, anlæg med dioxinrensning	0,020 µg/GJ	0,002 µg/GJ	0,037 µg/GJ	0,013 µg/GJ	6	45,0
Dioxin, anlæg uden dioxinrensning	0,348 µg/GJ	0,019 µg/GJ	0,833 µg/GJ	0,576 µg/GJ	5	47,5
Hg, anlæg med dioxinrensning	3,5 mg/GJ	0,7 mg/GJ	18,5 mg/GJ	7,1 mg/GJ	6	55,9
Hg, anlæg uden dioxinrensning	20,1 mg/GJ	10,9 mg/GJ	34,4 mg/GJ	16,6 mg/GJ	2	21,8

1) Der er i alt 12 anlæg med dioxinrensning og 15 anlæg uden. Ved et anlæg forstås her en post i

Tabel 30 Affaldsanlæg, sure gasser

	Emissions-faktor g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Spredning g/GJ	Antal affalds-linier med måling
DRY					
-HCl	19,5	16,8	21,3	2,4	3
-HF	0,05	0,05	0,05	0,00	3
-SO ₂	21	15	24	5	3
SD					
-HCl	1,9	1,6	3,4	1,3	2
-HF	0,15	0,11	0,16	0,04	2
-SO ₂	10	3	12	7	2
WET					
-HCl	4,1	1,3	14,4	3,7	14
-HF	0,30	0,1	1,6	0,4	13
-SO ₂	27	0,9	131	40	14

Tabel 31 SO₂ og NO_x emissionsfaktorer for værker mindre end 25MW_e

	Emissionsfaktor g/GJ
SO ₂	20
NO _x	123

Tabel 32 Affaldsforbrændingsanlæg ud fra undergruppernes emissionsfaktorer

	Enhed	Emissionsfaktor
NOx	g/GJ	124
UHC (C)	g/GJ	1,2
CO	g/GJ	7,3
N2O	g/GJ	1,4
TSP	g/GJ	2,0
PM10	mg/GJ	2292
PM2,5	mg/GJ	2220
PM1	mg/GJ	2057
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	0,010
- Naphthalen	mg/GJ	2,430
- Acenaphthen	mg/GJ	0,012
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,185
- Anthracen	mg/GJ	0,026
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,002
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,001
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,002
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	0,001
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	0,001
- Chrysen	mg/GJ	0,010
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	0,001
- Fluoranthen	mg/GJ	0,124
- Fluoren	mg/GJ	0,188
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	0,001
- Phenanthren	mg/GJ	0,697
- Pyren	mg/GJ	0,083
SO2	g/GJ	24
HCl	g/GJ	4,4
HF	g/GJ	0,27
As	mg/GJ	6,7
Cd	mg/GJ	4,7
Co	mg/GJ	2,1
Cr	mg/GJ	2,4
Cu	mg/GJ	10,0
Hg	mg/GJ	7,4
Mn	mg/GJ	3,4
Ni	mg/GJ	4,7
Pb	mg/GJ	123
Sb	mg/GJ	22,5
Tl	mg/GJ	2,4
V	mg/GJ	2,4
Dioxin	µg/GJ	0,157

Bilag 3

Emissionsfaktorer for træfyrede biomasseværker

Tablet 33 Træfyrede kraftvarmeværker

	Enhed	Emissionsfaktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal anlæg med måling 1)	Dæknings- grad [%]
NOx	g/GJ	69	62	98	26	2	44,0
UHC (C)	g/GJ	<4,1	1	21	11	3	53,1
- CH4	g/GJ	<2,1	-	-	-	-	-
- NMVOC	g/GJ	<3,4	-	-	-	-	-
CO	g/GJ	79	57	165	56	3	53,1
N2O	g/GJ	<0,8	-	-	-	1	35,6
TSP	g/GJ	7,94	2	27	13	3	53,1
PM10	mg/GJ	1944	955	6119	3652	2	44,0
PM2,5	mg/GJ	1226	823	2927	1488	2	44,0
PM1	mg/GJ	1033	726	2328	1133	2	44,0
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,008	0,004	0,008	0,003	2	44,0
- Naphthalen	mg/GJ	2,071	0,864	2,357	1,056	2	44,0
- Acenaphthen	mg/GJ	<0,02	0,001	0,023	0,016	2	44,0
- Acenaphthylen	mg/GJ	<0,013	0,003	0,015	0,009	2	44,0
- Anthracen	mg/GJ	<0,02	0,004	0,023	0,014	2	44,0
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,001	0,001	0,001	0,000	2	44,0
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	<0,003	0,001	0,003	0,001	2	44,0
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,002	0,002	0,002	0,000	2	44,0
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	0,002	0,001	0,002	0,001	2	44,0
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	<0,003	0,001	0,002	0,001	2	44,0
- Chrysen	mg/GJ	0,005	0,003	0,006	0,002	2	44,0
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,002	0,002	0,002	0,000	2	44,0
- Fluoranthen	mg/GJ	0,035	0,012	0,041	0,021	2	44,0
- Fluoren	mg/GJ	<0,005	0,001	0,005	0,003	2	44,0
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,002	0,000	0,002	0,001	2	44,0
- Phenanthren	mg/GJ	0,133	0,077	0,147	0,049	2	44,0
- Pyren	mg/GJ	0,032	0,011	0,037	0,018	2	44,0
SO2	g/GJ	<1,8	0,4	8	5	2	44,0
HCl	g/GJ	<0,9	0,6	2,1	1,1	2	44,0
HF	g/GJ	<0,09	0,05	0,21	0,11	2	44,0
As	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Cd	mg/GJ	<1	0,1	0,1	0,0	2	44,0
Co	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Cr	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Cu	mg/GJ	<2,7	0,2	0,4	0,1	2	44,0
Hg	mg/GJ	<0,8	0,1	0,1	0,0	2	44,0
Mn	mg/GJ	31	0,3	15,0	10,4	2	44,0
Ni	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Pb	mg/GJ	<3,7	0,3	0,5	0,1	2	44,0
Sb	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Tl	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
V	mg/GJ	<2,4	0,2	0,3	0,0	2	44,0
Dioxin	µg/GJ	0,001	0,0012	0,0023	0,0006	3	53,1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 9 træfyrede værker

2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Bilag 4

Emissionsfaktorer for halmfyrede biomasseværker

Tabel 34 Halmfyrede kraftvarmeværker <25MW_e

Emission	Enhed	Emissionsfaktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal anlæg med måling 1)	Dækningsgrad [%]
NOx	g/GJ	131	103	178	33	5	58,2
UHC (C)	g/GJ	<0,93	0,7	1,1	0,2	4	45,0
- CH4	g/GJ	<0,5	-	-	-	-	-
- NMVOC	g/GJ	<0,8	-	-	-	-	-
CO	g/GJ	63	19	116	40	6	72,6
N2O	g/GJ	1,4	0,9	1,9	0,5	3	30,6
TSP	g/GJ	3,97	0,1	8,5	4,0	5	60,7
PM10	mg/GJ	133	-	-	-	1	13,6
PM2,5	mg/GJ	102	-	-	-	1	13,6
PM1	mg/GJ	77	-	-	-	1	13,6
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,15	0,011	0,427	0,239	3	30,6
- Naphthalen	mg/GJ	14,853	2,383	39,344	21,039	3	30,6
- Acenaphthen	mg/GJ	0,146	0,003	0,294	0,147	3	30,6
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,284	0,002	0,852	0,490	3	30,6
- Anthracen	mg/GJ	0,099	0,003	0,194	0,096	3	30,6
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	0,103	0,003	0,304	0,174	3	30,6
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	<0,021	0,001	0,051	0,027	3	30,6
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,152	0,002	0,452	0,259	3	30,6
- Benzo[ghi]perylene	mg/GJ	<0,033	0,002	0,092	0,051	3	30,6
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	<0,088	0,001	0,258	0,147	3	30,6
- Chrysen	mg/GJ	0,481	0,014	1,347	0,739	3	30,6
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,004	0,002	0,005	0,001	3	30,6
- Fluoranthen	mg/GJ	1,690	0,011	5,060	2,905	3	30,6
- Fluoren	mg/GJ	0,036	0,002	0,104	0,059	3	30,6
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,023	0,002	0,061	0,034	3	30,6
- Phenanthren	mg/GJ	1,923	0,069	5,664	3,228	3	30,6
- Pyren	mg/GJ	2,009	0,013	6,028	3,466	3	30,6
SO2	g/GJ	47	24	86	23	5	58,2
HCl	g/GJ	46	24	59	14	5	58,2
HF	g/GJ	<0,2	0,11	0,15	0,02	3	30,6
As	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
Cd	mg/GJ	<0,8	0,6	1,2	0,3	4	46,3
Co	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
Cr	mg/GJ	<1,6	0,6	2,3	0,8	4	46,3
Cu	mg/GJ	<1,7	1,0	2,3	0,6	4	46,3
Hg	mg/GJ	<0,6	0,5	0,6	0,1	4	46,3
Mn	mg/GJ	<2,2	1,9	3,0	0,6	3	30,6
Ni	mg/GJ	<1,7	0,8	2,4	0,7	4	46,3
Pb	mg/GJ	<6,2	1,9	14,2	5,2	4	46,3
Sb	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
Tl	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
V	mg/GJ	<2,1	1,9	2,3	0,2	3	30,6
Dioxin	µg/GJ	0,022	0,001	0,097	0,041	5	60,7

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 7 halmfyrede værker

2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Bilag 5

Emissionsfaktorer for naturgasdrevne motorer

Tabel 35 Ulstein Bergen

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 52 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	39.4	39.2	0.61	38.28	40.60	72	27
NOx	232.2	233.2	43.0	149.1	375.7	97	34
UHC (C) - CH4 - NMVOC	647.5	634.7	152.3	237.9	770.2	65	27
CO	224.6	227.6	35.9	134.6	272.2	98	34
Lugt	13996	10766	5547	5300	20000	18	5
Aldehyd							
- Formaldehyd	35.22	34.42	9.76	24.59	46.58	6	4
- Acetaldehyd	3.05	2.96	0.85	2.06	3.99	4	4
- Acrolein	0.15	0.16	0.17	0.03	0.40	4	4
- Propanal	0.31	0.31	0.16	0.12	0.45	4	4
- Acetone	0.32	0.32	0.16	0.16	0.49	4	4
- Butanal	0.15	0.17	0.16	0.03	0.32	4	4
- Pentanal	0.15	0.16	0.18	0.00	0.40	4	4
- Hexanal	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	3	3
- Benzaldehyd	0.04	0.04	0.05	0.00	0.09	3	3

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 36 Caterpillar 3500

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 84 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	36.3	36.4	1.5	33.0	39.2	51	21
NOx	136.7	147.1	65.3	11.5	279.7	58	23
UHC - CH4 - NMVOC	434.0	399.1	93.1	269.1	566.1	32	11
CO	2) 110.1	115.6	83.2	2.2	238.6	54	23
Lugt	2241	2958	1686	1416	4758	6	3
Aldehyd							
- Formaldehyd	10.93	18.64	16.05	0.54	31.16	5	3
- Acetaldehyd	0.63	1.06	0.86	0.06	1.64	3	3
- Acrolein	0.05	0.08	0.11	0.00	0.20	3	3
- Propanal	0.04	0.06	0.05	0.00	0.10	3	3
- Acetone	0.08	0.15	0.13	0.00	0.23	3	3
- Butanal	0.03	0.05	0.04	0.00	0.08	3	3
- Pentanal	0.08	0.16	0.22	0.00	0.31	2	2
- Hexanal	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	3	3
- Benzaldehyd	0.02	0.03	0.04	0.00	0.08	3	3

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

2) Motorer med oxidationskatalysator 99 g/GJ, motorer uden oxidationskatalysatorer 214 g/GJ

Tabel 37 Caterpillar 3600

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 28 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	39.2	39.3	0.8	36.4	40.5	55	22
NOx	90.5	89.9	44.5	39.9	273.5	55	23
UHC - CH4 - NMVOC	610.6	621.8	95.7	486.4	758.7	41	20
CO	144.8	138.1	90.7	27.4	279.1	57	23
Lugt	5338	5816	2060	2500	8432	20	9
Aldehyd							
- Formaldehyd	24.85	29.44	11.45	16.28	37.12	3	3
- Acetaldehyd	2.15	2.63	1.20	0.02	3.58	3	3
- Acrolein	0.04	0.05	0.03	0.02	0.08	3	3
- Propanal	0.18	0.22	0.11	0.09	0.30	3	3
- Acetone	0.28	0.37	0.25	0.12	0.62	3	3
- Butanal	0.06	0.09	0.08	0.03	0.18	3	3
- Pentanal	0.29	0.46	0.46	0.00	0.91	2	3
- Hexanal	0.07	0.13	0.21	0.00	0.37	3	3
- Benzaldehyd	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02	3	3

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 38 Caterpillar MAK

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg med måling (ud af 2 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	43.4	43.4	0.2	-	-	3	2
NOx	133.6	133.6	25.4	115,7	151,6	3	2
UHC - CH4 - NMVOC	465.5	465.5	9.6	458,7	472,3	3	2
CO	40.9	40.9	1.9	39,6	42,3	3	2
Lugt	-	-	-	-	-	-	0
Aldehyd							
- Formaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acetaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acrolein	-	-	-	-	-	-	0
- Propanal	-	-	-	-	-	-	0
- Acetone	-	-	-	-	-	-	0
- Butanal	-	-	-	-	-	-	0
- Pentanal	-	-	-	-	-	-	0
- Hexanal	-	-	-	-	-	-	0
- Benzaldehyd	-	-	-	-	-	-	0

1) Ultimo 2002 er der 2 anlæg

Tabel 39 Dorman, SETCWG og øvrige

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 19 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	34.6	33.9	1.6	32,7	35,0	3	2
NOx	108.2	145.9	81.0	88,6	204,9	3	2
UHC - CH4 - NMVOC	40.1	194.1	-	-	-	1	1
CO	294.4	137.5	24.3	120,3	182,4	3	2
Lugt	-	-	-	-	-	-	0
Aldehyd							
- Formaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acetaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acrolein	-	-	-	-	-	-	0
- Propanal	-	-	-	-	-	-	0
- Acetone	-	-	-	-	-	-	0
- Butanal	-	-	-	-	-	-	0
- Pentanal	-	-	-	-	-	-	0
- Hexanal	-	-	-	-	-	-	0
- Benzaldehyd	-	-	-	-	-	-	0

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 40 Jenbacher, JMS 316 og JMS 320

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 137 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	38.4	38.5	1.2	36.4	40.3	16	12
NOx	169.3	175.3	68.2	19.0	264.1	16	12
UHC - CH4 - NMVOC	234.6	274.4	82.7	180.1	460.9	14	10
CO	128.8	128.2	77.1	3.1	247.0	16	12
Lugt	8679	6897	3951	3000	10900	4	2
Aldehyd							
- Formaldehyd	18.67	17.49	3.41	11.88	19.96	5	3
- Acetaldehyd	1.08	0.91	0.28	0.59	1.12	3	2
- Acrolein	0.14	0.10	0.09	0.03	0.21	3	2
- Propanal	0.10	0.08	0.05	0.03	0.13	3	2
- Acetone	0.14	0.10	0.09	0.03	0.21	3	2
- Butanal	0.05	0.04	0.04	0.00	0.09	3	2
- Pentanal	0.04	0.03	0.02	0.00	0.05	3	2
- Hexanal	0.00	0.02	0.02	0.00	0.03	2	1
- Benzaldehyd	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	2	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling
Hvor det er muligt er et nyere anlæg inddraget i analysen

Tabel 41 Jenbacher, JMS 612, JMS 616 og JMS 620

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 6 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	38.8	39.0	1.4	37.4	40.1	8	3
NOx	168.7	165.7	53.7	110.6	217.9	8	3
UHC - CH4 - NMVOC	516.1	513.5	17.0	494.6	527.5	8	3
CO	222.2	227.4	89.6	164.1	290.8	6	2
Lugt	500	500	-	-	-	1	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	0.72	0.72	-	-	-	1	1
- Acetaldehyd	0	0	-	-	-	1	1
- Acrolein	0	0	-	-	-	1	1
- Propanal	0	0	-	-	-	1	1
- Acetone	0	0	-	-	-	1	1
- Butanal	0	0	-	-	-	1	1
- Pentanal	0	0	-	-	-	1	1
- Hexanal	0	0	-	-	-	1	1
- Benzaldehyd	0	0	-	-	-	1	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 42 MAN E2642, E2842 og ukendt

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 49 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	33.1	33.1	0.7	32.5	33.8	3	3
NOx	124.7	135.7	44.5	81.4	204.1	6	5
UHC - CH4 - NMVOC	73.6	73.6	16.4	61.7	92.3	3	3
CO	164.5	179.5	58.8	124.7	262.1	5	4
Lugt	5095	4607	3165	2369	6845	5	3
Aldehyd							
- Formaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acetaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acrolein	-	-	-	-	-	-	0
- Propanal	-	-	-	-	-	-	0
- Acetone	-	-	-	-	-	-	0
- Butanal	-	-	-	-	-	-	0
- Pentanal	-	-	-	-	-	-	0
- Hexanal	-	-	-	-	-	-	0
- Benzaldehyd	-	-	-	-	-	-	0

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 43 MAN/B&W 28/32

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 4 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	38.0	37.5	1.1	36.7	38.3	5	2
NOx	141.9	86.2	106.4	10.9	161.5	5	2
UHC - CH4 - NMVOC	780.7	699.1	155.7	589.1	809.2	5	2
CO	79.8	47.3	62.1	3.4	91.2	5	2
Lugt	400	400	-	-	-	1	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	0.22	0.22	-	-	-	1	1
- Acetaldehyd	0	0	-	-	-	1	1
- Acrolein	0	0	-	-	-	1	1
- Propanal	0	0	-	-	-	1	1
- Acetone	0	0	-	-	-	1	1
- Butanal	0	0	-	-	-	1	1
- Pentanal	0	0	-	-	-	1	1
- Hexanal	0	0	-	-	-	1	1
- Benzaldehyd	0	0	-	-	-	1	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 44 MWM TBG 604

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 6 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	45.5	35.2	1.2	32.2	36.6	40	3
NOx	162.5	169.4	57.4	68.6	336.2	40	3
UHC - CH4 - NMVOC	164.1	162.6	50.1	97.9	382.0	33	3
CO	169.5	177.9	15.6	145.3	199.9	40	3
Lugt	10253	10253	2494	7757	14321	5	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	19.86	19.86	2.66	17.34	22.64	3	1
- Acetaldehyd	1.57	1.57	0.08	1.52	1.66	3	1
- Acrolein	0.03	0.03	0.05	0.00	0.08	3	1
- Propanal	0.13	0.13	0.05	0.07	0.16	3	1
- Acetone	0.38	0.38	0.13	0.30	0.52	3	1
- Butanal	0.05	0.05	0.05	0.00	0.09	3	1
- Pentanal	0.35	0.35	0.02	0.34	0.38	3	1
- Hexanal	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02	3	1
- Benzaldehyd	0.04	0.04	0.01	0.04	0.05	3	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 45 MWM TBG 620

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 7 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	38.1	38.2	0.9	34.7	39.0	23	6
NOx	238.9	224.9	46.5	90.0	353.3	25	6
UHC - CH4 - NMVOC	164.2	175.0	49.8	78.0	241.4	14	3
CO	213.2	222.1	28.1	139.4	256.0	25	6
Lugt	-	-	-	-	-	-	0
Aldehyd							
- Formaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acetaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acrolein	-	-	-	-	-	-	0
- Propanal	-	-	-	-	-	-	0
- Acetone	-	-	-	-	-	-	0
- Butanal	-	-	-	-	-	-	0
- Pentanal	-	-	-	-	-	-	0
- Hexanal	-	-	-	-	-	-	0
- Benzaldehyd	-	-	-	-	-	-	0

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 46 MWM G232 og G234

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 3 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	-	-	-	-	-	-	0
NOx	532.1	506.1	675.6	28.4	983.8	2	2
UHC - CH4 - NMVOC	-	-	-	-	-	-	0
CO	23.4	23.5	2.9	21.5	25.6	2	2
Lugt	-	-	-	-	-	-	0
Aldehyd							
- Formaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acetaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acrolein	-	-	-	-	-	-	0
- Propanal	-	-	-	-	-	-	0
- Acetone	-	-	-	-	-	-	0
- Butanal	-	-	-	-	-	-	0
- Pentanal	-	-	-	-	-	-	0
- Hexanal	-	-	-	-	-	-	0
- Benzaldehyd	-	-	-	-	-	-	0

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 47 Niigata 26HX-G

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 7 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	38.0	38.1	0.9	37.0	39.2	9	3
NOx	92.8	94.1	7.1	84.5	103.2	7	3
UHC - CH4 - NMVOC	891.1	899.3	32.9	865.6	935.5	5	3
CO	121.7	122.6	47.4	73.3	201.4	7	3
Lugt	2945	2887	1718	1474	4800	3	2
Aldehyd							
- Formaldehyd	25.35	25.35	-	-	-	1	1
- Acetaldehyd	2.99	2.99	-	-	-	1	1
- Acrolein	0.03	0.03	-	-	-	1	1
- Propanal	0.22	0.22	-	-	-	1	1
- Acetone	0.37	0.37	-	-	-	1	1
- Butanal	0.31	0.31	-	-	-	1	1
- Pentanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Hexanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Benzaldehyd	0.06	0.06	-	-	-	1	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 48 Waukesha alle

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 19 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	33.3	33.4	0.8	33.0	34.8	5	2
NOx	74.1	77.5	31.3	51.5	137.5	6	3
UHC - CH4 - NMVOC	607.7	600.7	65.0	521.1	692.3	5	2
CO	216.1	225.0	73.0	49.3	279.4	8	4
Lugt	4600	4600	-	-	-	1	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	32.80	32.80	-	-	-	1	1
- Acetaldehyd	1.68	1.68	-	-	-	1	1
- Acrolein	0.16	0.16	-	-	-	1	1
- Propanal	0.12	0.12	-	-	-	1	1
- Acetone	0.06	0.06	-	-	-	1	1
- Butanal	0.16	0.16	-	-	-	1	1
- Pentanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Hexanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Benzaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	1	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 49 Wärtsilä 25SG

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 22 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	37.2	38.0	3.0	30.0	40.8	28	11
NOx	156.7	159.9	43.3	75.5	240.4	30	12
UHC - CH4 - NMVOC	479.2	464.7	125.2	304.0	779.6	27	9
CO	247.6	247.6	29.6	146.2	322.7	30	12
Lugt	10083	7787	4789	3000	18051	11	3
Aldehyd							
- Formaldehyd	18.55	18.55	-	-	-	1	1
- Acetaldehyd	1.53	1.53	-	-	-	1	1
- Acrolein	0.06	0.06	-	-	-	1	1
- Propanal	0.16	0.16	-	-	-	1	1
- Acetone	0.19	0.19	-	-	-	1	1
- Butanal	0.06	0.06	-	-	-	1	1
- Pentanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Hexanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Benzaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	1	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 50 Wärtsilä 34SG

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 10 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	41.2	40.9	1.2	39.1	44.0	18	7
NOx	121.1	118.6	37.1	62.4	209.2	20	8
UHC - CH4 - NMVOC	412.7	481.0	122.9	246.3	694.8	17	5
CO	163.0	121.8	92.6	11.5	266.3	20	8
Lugt	8028	10895	10658	2000	31000	6	2
Aldehyd							
- Formaldehyd	37.22	38.77	22.70	6.49	61.60	5	2
- Acetaldehyd	2.28	2.58	1.77	0.59	3.98	3	2
- Acrolein	0.03	0.03	0.03	0.00	0.06	3	2
- Propanal	0.17	0.20	0.14	0.03	0.29	3	2
- Acetone	0.37	0.44	0.40	0.00	0.77	3	2
- Butanal	0.17	0.18	0.07	0.12	0.25	3	2
- Pentanal	0.30	0.27	0.38	0.00	0.53	2	2
- Hexanal	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	3	2
- Benzaldehyd	0.06	0.07	0.06	0.00	0.11	3	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 51 Wärtsilä 28SG

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 6 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	41.1	41.2	0.7	40.3	42.0	4	2
NOx	130.3	133.2	20.9	112.3	165.3	5	3
UHC - CH4 - NMVOC	472.9	477.0	51.8	437.3	563.2	5	3
CO	265.1	263.7	14.9	239.8	277.5	5	3
Lugt	11702	11702	2685	9800	13600	2	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acetaldehyd	-	-	-	-	-	-	0
- Acrolein	-	-	-	-	-	-	0
- Propanal	-	-	-	-	-	-	0
- Acetone	-	-	-	-	-	-	0
- Butanal	-	-	-	-	-	-	0
- Pentanal	-	-	-	-	-	-	0
- Hexanal	-	-	-	-	-	-	0
- Benzaldehyd	-	-	-	-	-	-	0

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 52 Wärtsilä kendt type

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 1 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	40.2	40.2	-	-	-	1	1
NOx	200.2	200.2	-	-	-	1	1
UHC - CH4 - NMVOC	91.7	91.7	-	-	-	1	1
CO	134.7	134.7	-	-	-	1	1
Lugt	3500	3500	-	-	-	1	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	1.68	1.68	-	-	-	1	1
- Acetaldehyd	0.09	0.09	-	-	-	1	1
- Acrolein	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Propanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Acetone	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Butanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Pentanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Hexanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Benzaldehyd	0.03	0.03	-	-	-	1	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 53 Frichs mini (Valmet)

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 17 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad [%]	29.8	29.4	2.7	25.0	32.3	6	3
NOx	2802.1	1786.2	1380.6	14.3	3035.7	8	3
UHC - CH4 - NMVOC	87.1	110.1	48.9	75.5	144.7	2	2
CO	256.0	156.5	129.2	21.2	417.9	8	3
Lugt	750	750	-	-	-	1	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Acetaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Acrolein	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Propanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Acetone	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Butanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Pentanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Hexanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Benzaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	1	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 54 Gartnerianlæg

1)	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger
NO _x 2)	34,44	45,97	40,21	10,60	120,37	14
UHC	476,03	416,17	100,81	249,78	589,05	12
CO	2,99	2,76	0,66	1,87	3,74	7
Formaldehyd	0,51	0,51	0,22	0,00	0,75	5
Acetaldehyd	0,06	0,02	0,04	0,00	0,06	3
Acrolein	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Propanal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Acetone	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Butanal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Pentanal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Hexanal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Benzaldehyd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3

1) Der er installeret ca. 31.5 MW gasmotoreffekt på anlæg med gartneri katalysator. Der er brugt ca. 1550 TJ naturgas i år 2000

2) Der doseres ikke alle steder urea eller NH₃ i de perioder hvor der ikke sendes røggas til væksthuse.

Table 55 Oversigt over motortypernes emissionsfaktorer og elvirkningsgrad

Motortype	Ulstein Ber-gen	Cat 3500	Cat 3600	Cat MAK	Dor-man	Jen-bacher 300	Jen-bacher 600	MAN	MAN /B&W	MWM 604	MWM 620	MWM 232 /234	Niigata 26	Wau-kesha	Wärt-silä 25	Wärt-silä 34	Wärt-silä 28	Wärt-silä kendt type	Frichs mini Valmet	
Elvirkningsgrad [%]	39,4	36,3	39,2	43,4	34,6	38,4	38,8	33,1	38,0	35,1	38,1		38,0	33,3	37,2	41,2	41,1	40,2	29,8	
NO _x [g/GJ]	232	137	91	134	108	169	169	125	142	169	239	532	93	74	157	121	130	200	2802	
UHC (C) [g/GJ]	648	434	611	466	194	235	516	74	781	161	164		891	608	479	413	473	92	87	
CH ₄ [g/GJ]	694	465	655	499	208	251	553	79	837	173	176		955	651	514	442	507	98	93	
NM/OC [g/GJ]	156	104	147	112	47	56	124	18	188	39	40		214	146	115	99	114	22	21	
CO [g/GJ]	225	110	145	41	294	129	222	165	80	177	213	23	122	216	248	163	265	135	256	
Lugt [LE/m ³]	13996	2241	5338			8679	500	5095	400	10253			2945	4600	10083	8028	11702	3500	750	
Aldehyd																				
- Formaldehyd [mg/GJ]	35,22	10,93	24,85			18,67	0,72		0,22	19,86			25,35	32,80	18,55	37,22		1,68		
- Acetaldehyd [mg/GJ]	3,05	0,63	2,15			1,08	0,00		0,00	1,57			2,99	1,68	1,53	2,28		0,09		
- Acrolein [mg/GJ]	0,15	0,05	0,04			0,14	0,00		0,00	0,03			0,03	0,16	0,06	0,03		0,00		
- Propanal [mg/GJ]	0,31	0,04	0,18			0,10	0,00		0,00	0,13			0,22	0,12	0,16	0,17		0,00		
- Acetone [mg/GJ]	0,32	0,08	0,28			0,14	0,00		0,00	0,38			0,37	0,06	0,19	0,37		0,00		
- Butanal [mg/GJ]	0,15	0,03	0,06			0,05	0,00		0,00	0,05			0,31	0,16	0,06	0,17		0,00		
- Pentanal [mg/GJ]	0,15	0,08	0,29			0,04	0,00		0,00	0,35			0,00	0,00	0,00	0,30		0,00		
- Hexanal [mg/GJ]	0,02	0,00	0,07			0,00	0,00		0,00	0,02			0,00	0,00	0,00	0,01		0,00		
- Benzaldehyd [mg/GJ]	0,04	0,02	0,00			0,03	0,00		0,00	0,04			0,06	0,00	0,00	0,06		0,03		

Tabel 56 Naturgasmotorer baseret på motortypernes emissionsfaktorer

	Emissionsfaktor g/GJ
Elvirkningsgrad [%]	38,3
NOx	168
UHC (C)	485
-CH ₄	520
- NMVOC	117
CO	175
Lugt	8229
Aldehyd	
- Formaldehyd	24,09
- Acetaldehyd	1,88
- Acrolein	0,09
- Propanal	0,17
- Acetone	0,22
- Butanal	0,10
- Pentanal	0,13
- Hexanal	0,02
- Benzaldehyd	0,03

Tabel 57 Naturgasmotorer baseret på en samlet betragtning af anlægstypen

	Emissions-faktor g/GJ	Middel-værdi g/GJ	Spredning	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 540 anlæg ¹⁾)	Dæknings- grad [%]
Elvirkningsgrad	38.9	37.8	2.7	25.0	44.0	362	148	52,6
NOx	181.1	199.2	313.8	8.1	3035.7	412	157	54,2
UHC - CH4 - NMVOC	531.0	464.4	227.7	2.2	1032.2	291	114 114 114	43,9 43,9 43,9
CO	184.0	174.8	86.6	1.9	417.9	410	156	54,0
N ₂ O	1.27	1.44	0.27	1.15	1.68	3	3	1,3
TSP	0.76	0.91	0.65	0.45	1.84	4	4	2,0
Lugt	8236	7029	5725	400	31000	101	34	20,4
PM10	0.189	-	0.090	0.604	0.261	3	3	1,3
PM2,5	0.161	-	0.074	0.584	0.289	3	3	1,3
PM1	0.143	-	0.041	0.563	0.296	3	3	1,3
Smøreolie ²⁾	12.2	8.3	4.9	1.6	20.6	10	5	2,6
1,3-butadien ³⁾	< 0.047	-	-	-	-	3	3	1,3
PAH ⁴⁾								
Naphthalen	7.91E-03	7.57E-03	5.27E-03	2.44E-03	1.30E-02	3	3	1,3
Acenaphthen	6.28E-05	9.40E-05	5.85E-05	5.28E-05	1.61E-04	3	3	1,3
Acenaphthylene	4.28E-05	3.85E-05	3.40E-05	3.82E-06	7.17E-05	3	3	1,3
Anthracen	3.59E-05	3.39E-05	1.12E-05	2.11E-05	4.18E-05	3	3	1,3
Benzo[a]anthracen	9.22E-06	5.90E-06	4.43E-06	3.02E-06	1.10E-05	3	3	1,3
Benzo[a]pyren	2.83E-06	2.88E-06	8.90E-07	1.96E-06	3.74E-06	3	3	1,3
Benzo[b]fluoranthren	4.16E-05	2.35E-05	2.44E-05	2.66E-06	5.03E-05	3	3	1,3
Benzo[ghi]perylene	5.75E-06	5.89E-06	3.94E-06	2.41E-06	1.02E-05	3	3	1,3
Benzo[k]fluoranthren	2.42E-05	1.19E-05	1.64E-05	1.61E-06	3.08E-05	3	3	1,3
Chrysen	1.08E-04	5.97E-05	6.39E-05	8.85E-06	1.31E-04	3	3	1,3
Di-benz[a,h]anthracen	<2.41E-06					3	3	1,3
Fluoranthren	1.55E-04	1.55E-04	1.56E-04	1.17E-05	3.22E-04	3	3	1,3
Fluoren	4.17E-05	4.68E-05	6.90E-06	3.91E-05	5.23E-05	3	3	1,3
Indeno[1,2,3-cd]pyren	5.58E-06	5.20E-06	2.70E-06	2.41E-06	7.81E-06	3	3	1,3
Phenanthren	4.40E-04	4.72E-04	3.91E-04	1.47E-04	9.06E-04	3	3	1,3
Pyren	1.21E-04	1.29E-04	4.40E-05	9.66E-05	1.79E-04	3	3	1,3
Aldehyd								
- Formaldehyd	24.68	20.69	16.18	0.00	61.60	40	22	14,4
- Acetaldehyd	2.10	1.71	1.23	0.00	3.99	28	22	14,4
- Acrolein	0.10	0.10	0.16	0.00	0.70	28	22	14,4
- Propanal	0.22	0.15	0.13	0.00	0.45	28	22	14,4
- Acetone	0.34	0.24	0.21	0.00	0.77	28	22	14,4
- Butanal	0.13	0.10	0.10	0.00	0.32	28	22	14,4
- Pentanal	0.41	0.17	0.24	0.00	0.91	24	22	14,4
- Hexanal	0.04	0.02	0.08	0.00	0.37	24	20	13,7
- Benzaldehyd	0.05	0.03	0.03	0.00	0.11	24	20	13,7

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

2) En måling viste <5 mg/m³ svarende til <1.6 g/GJ. Der er i EMF beregningerne regnet med 5 mg/m³ idet de øvrige 9 målinger ligger væsentligt over denne værdi.

3) Alle butadien målinger ligger under detektionsgrænsen for analysemetoden, (<1, <0.25 og <0.15 mg/m³, 5% O₂). Derfor regnes med den mindste værdi, dvs. <0.15 mg/m³, 5% O₂.

4) For PAH målingerne er der adskillige data med < værdier. Hvis der for alle målinger på samme stof kun findes < værdier antages mindre end den mindste som øvre grænse for stoffet. Hvis der, som det ofte er tilfældet, både er fundne analyseresultater og < værdier for et stof regnes med analyseresultater svarende til detektionsgrænsen i beregningen af emissionsfaktoren. Såfremt < værdierne er maks. eller min. af observationerne, er de markeret med fed skrift i tabellen.

Bilag 6

Emissionsfaktorer for biogasdrevne motorer

Tabel 58 Ulstein Bergen

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 3 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad	39.1	39.1	-	-	-	1	1
NOx	168.0	168.0	-	-	-	1	1
UHC (C)	606.3	606.3	-	-	-	1	1
CO	187.6	187.6	-	-	-	1	1
Lugt	-	-	-	-	-	0	0
Aldehyd							
- Formaldehyd	-	-	-	-	-	0	0
- Acetaldehyd	-	-	-	-	-	0	0
- Acrolein	-	-	-	-	-	0	0
- Propanal	-	-	-	-	-	0	0
- Acetone	-	-	-	-	-	0	0
- Butanal	-	-	-	-	-	0	0
- Pentanal	-	-	-	-	-	0	0
- Hexanal	-	-	-	-	-	0	0
- Benzaldehyd	-	-	-	-	-	0	0

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 59 Caterpillar

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 12 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad	35.3	35.3	-	-	-	1	2
NOx	880.4	842.6	83.1	783.8	901.3	2	2
UHC (C)	184.1	210.5	58.0	169.5	251.6	2	2
CO	134.5	134.3	0.6	133.8	134.7	2	2
Lugt	26372	36800	22910	20600	53000	2	2
Aldehyd							
- Formaldehyd	14.26	16.53	5.00	12.99	20.07	2	2
- Acetaldehyd	0.10	0.12	0.04	0.09	0.15	2	2
- Acrolein	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	2	2
- Propanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Acetone	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	2	2
- Butanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Pentanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Hexanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Benzaldehyd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 60 Jenbacher

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 16 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad	35.9	34.4	3.4	30.0	37.0	6	4
NOx	268.1	210.2	60.4	157.6	305.7	6	4
UHC (C)	247.8	209.7	33.4	177.3	270.0	6	4
CO	455.7	288.8	127.3	196.6	543.9	6	4
Lugt	14901	12950	2899	10900	15000	2	2
Aldehyd							
- Formaldehyd	25.10	22.23	4.27	19.21	25.25	2	2
- Acetaldehyd	0.09	0.09	0.00	0.09	0.09	2	2
- Acrolein	0.00	0.01	0.02	0.00	0.03	2	2
- Propanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Acetone	0.03	0.01	0.02	0.00	0.03	2	2
- Butanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Pentanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Hexanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Benzaldehyd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 61 MWM

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 23 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad	36.7	37.6	2.8	32.0	40.2	7	4
NOx	796.0	601.8	744.5	141.2	1856.4	8	5
UHC (C)	127.6	202.5	59.8	130.5	294.8	5	3
CO	186.6	173.2	44.3	108.5	238.5	8	5
Lugt	-	-	-	-	-	0	0
Aldehyd							
- Formaldehyd	-	-	-	-	-	0	0
- Acetaldehyd	-	-	-	-	-	0	0
- Acrolein	-	-	-	-	-	0	0
- Propanal	-	-	-	-	-	0	0
- Acetone	-	-	-	-	-	0	0
- Butanal	-	-	-	-	-	0	0
- Pentanal	-	-	-	-	-	0	0
- Hexanal	-	-	-	-	-	0	0
- Benzaldehyd	-	-	-	-	-	0	0

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 62 MAN

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 8 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad	-	-	-	-	-	0	0
NOx	118.9	118.9	-	-	-	1	1
UHC (C)	300.3	300.3	-	-	-	1	1
CO	318.5	318.5	-	-	-	1	1
Lugt	3500	3500	-	-	-	1	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	29.94	29.94	-	-	-	1	1
- Acetaldehyd	0.18	0.18	-	-	-	1	1
- Acrolein	0.06	0.06	-	-	-	1	1
- Propanal	0.03	0.03	-	-	-	1	1
- Acetone	0.03	0.03	-	-	-	1	1
- Butanal	0.06	0.06	-	-	-	1	1
- Pentanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Hexanal	0.00	0.00	-	-	-	1	1
- Benzaldehyd	0.03	0.03	-	-	-	1	1

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 63 Fiat Totem

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling (ud af 15 anlæg ¹⁾)
Elvirkningsgrad	23.5	23.5		23.5	23.5	1	1
NOx	840.4	736.1	332.0	501.3	970.9	2	2
UHC (C)	520.0	494.7	80.5	437.7	551.6	2	2
CO 2)	>743.4	>743.4	-	-	-	2	2
Lugt	28333	27000	4243	24000	30000	2	2
Aldehyd							
- Formaldehyd	18.43	22.02	11.42	13.95	30.09	2	2
- Acetaldehyd	0.35	0.37	0.06	0.33	0.42	2	2
- Acrolein	0.01	0.01	0.02	0.00	0.03	2	2
- Propanal	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	2	2
- Acetone	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	2	2
- Butanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Pentanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Hexanal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2
- Benzaldehyd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

2) CO emissionen var under begge målinger over instrumentets måleområde, hvorfor emissionsfaktoren er større end den angivne værdi.

Tabel 64 Oversigt over fabrikaternes emissionsfaktorer og elvirkningsgrad

Motorstype	Ulstein Bergen	Cater- pillar	Jen- bacher	MWM	MAN	Fiat Totem
Elvirkningsgrad [%]	39.1	35.3	35.9	36.7	-	23.5
NO _x [g/GJ]	168.0	880.4	268.1	796.0	118.9	840.4
UHC (C) [g/GJ]	606.3	184.1	247.8	127.6	300.3	520.0
CO [g/GJ]	187.6	134.5	455.7	186.6	318.5	>743.4
Lugt [LE/m ³]	-	26372	14901	-	3500	28333
Aldehyd						
- Formaldehyd [g/GJ]	-	14.26	25.10	-	29.94	18.43
- Acetaldehyd [g/GJ]	-	0.10	0.09	-	0.18	0.35
- Acrolein [g/GJ]	-	0.01	0.00	-	0.06	0.01
- Propanal [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.03	0.03
- Acetone [g/GJ]	-	0.01	0.03	-	0.03	0.03
- Butanal [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.06	0.00
- Pentanal [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00
- Hexanal [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.00	0.00
- Benzaldehyd [g/GJ]	-	0.00	0.00	-	0.03	0.00

Tabel 65 Biogasdrevne motorer ud fra fabrikaternes emissionsfaktorer

	Emissions-faktor g/GJ
Elvirkningsgrad	38,5
NO _x	168
UHC (C)	483
CO	175
Lugt	8229
Aldehyd	
- Formaldehyd	24,09
- Acetaldehyd	1,88
- Acrolein	0,09
- Propanal	0,17
- Acetone	0,22
- Butanal	0,10
- Pentanal	0,13
- Hexanal	0,02
- Benzaldehyd	0,03

Tabel 66 Biogasdrevne motorer uden undergruppering

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal an- læg ¹⁾ med måling (ud af 98 anlæg ¹⁾)	Dæk- nings- grad [%]
Elvirkningsgrad	37.1	35.5	4.5	23.5	40.2	16	14	21,0
NOx	518.6	507.8	530.0	118.9	1856. 4	21	15	21,5
UHC - CH4 - NMVOC	251.5	277.0	135.5	130.5	606.3	18	13	18,3
CO 2)	320.7	277.0	186.1	108.5	>743. 4	21	15	21,5
N ₂ O	0.52	0.52				1	1	0,2
SO ₂	19.2	14.9	9.2	0.0	25.0	5	5	
TSP	2.63	2.63				1	1	0,2
Lugt	16686	22429	16042	3500	53000	7	7	11,3
PM10	0.451	0,451	-	-	-	1	1	0,2
PM2,5	0.206	0,206	-	-	-	1	1	0,2
PM1	0.132	0,132	-	-	-	1	1	0,2
Smøreolie	-	-	-	-	-	-	0	0,2
1,3-butadien	<0.02	<0.02	-	-	-	-	1	0,2
PAH								
Naphthalen	0,003309	-	-	-	-	1	1	0,2
Acenaphthen	3,98E-05	-	-	-	-	1	1	0,2
Acenaphthylen	3,1E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Anthracen	4,46E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Benz[a]anthracen	<3,46E-07	-	-	-	-	1	1	0,2
Benzo[a]pyren	1,07E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Benzo[b]fluoranthen	7,37E-07	-	-	-	-	1	1	0,2
Benzo[ghi]perylene	<1,04E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Benzo[k]fluoranthen	<3,46E-07	-	-	-	-	1	1	0,2
Chrysen	1,37E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Dibenz[a,h]anthracen	<1,04E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Fluoranthen	5,96E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Fluoren	1,06E-05	-	-	-	-	1	1	0,2
Indeno[1,2,3- cd]pyren	<1,04E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Phenanthren	7,2E-05	-	-	-	-	1	1	0,2
Pyren	2,37E-06	-	-	-	-	1	1	0,2
Aldehyd								
- Formaldehyd	23.201	21.643	7.020	12.99 4	30.09 2	7	7	11,3
- Acetaldehyd	0.105	0.191	0.131	0.089	0.416	7	7	11,3
- Acrolein	0.006	0.021	0.022	0.000	0.059	7	7	11,3
- Propanal	0.003	0.013	0.016	0.000	0.030	7	7	11,3
- Acetone	0.025	0.021	0.015	0.000	0.030	7	7	11,3
- Butanal	0.004	0.008	0.022	0.000	0.059	7	7	11,3
- Pentanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7	7	11,3
- Hexanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7	7	11,3
- Benzaldehyd	0.002	0.004	0.011	0.000	0.030	7	7	11,3

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

2) Bemærk vedr. CO at et motormærke, nemlig Fiat, ligger over det anvendte instruments måleområde. Derfor er maks. CO en minimumsværdi. Emissionsværdien for CO analysatorens øvre grænse er anvendt i beregning af emissionsfaktor og middelværdi.

3) For butadien og nogle PAH'ere haves kun en mindre end værdi, disse er markeret med fed skrift.

Tabel 67 Rensningsanlæg

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling
Elvirkningsgrad	38.0	37.6	1.2	36.3	38.3	3	5
NOx	1203.0	837.7	815.2	118.9	1856.4	6	6
UHC - CH4 - NMVOC	275.8	309.0	169.9	178.4	551.6	4	4
CO 2)	210.6	283.0	235.2	124.9	2) >743.4	6	6
Lugt	5760	13750	14496	3500	24000	2	2
Aldehyd							
- Formaldehyd	29.960	30.018	0.105	29.944	30.092	2	2
- Acetaldehyd	0.205	0.297	0.168	0.178	0.416	2	2
- Acrolein	0.056	0.045	0.021	0.030	0.059	2	2
- Propanal	0.030	0.030	0.000	0.030	0.030	2	2
- Acetone	0.030	0.030	0.000	0.030	0.030	2	2
- Butanal	0.053	0.030	0.042	0.000	0.059	2	2
- Pentanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Hexanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Benzaldehyd	0.026	0.015	0.021	0.000	0.030	2	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

2) Bemærk at CO emissionen i et tilfælde var over det benyttede instruments måleområde, hvorfor emissionsfaktoren er større end den angivne værdi

Tabel 68 Lossepladser

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg ¹⁾ med måling
Elvirkningsgrad	36.9	36.2	1.2	35.3	37.0	2	2
NOx	327.3	544.8	338.1	305.7	783.8	2	2
UHC - CH4 - NMVOC	269.2	260.8	13.0	251.6	270.0	2	2
CO	525.3	338.8	290.0	133.8	543.9	2	2
Lugt	16718	34000	26870	15000	53000	2	2
Aldehyd							
- Formaldehyd	25.012	22.659	3.659	20.072	25.246	2	2
- Acetaldehyd	0.092	0.119	0.042	0.089	0.149	2	2
- Acrolein	0.001	0.015	0.021	0.000	0.030	2	2
- Propanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Acetone	0.030	0.030	0.000	0.030	0.030	2	2
- Butanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Pentanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Hexanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Benzaldehyd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Bilag 7

Emissionsfaktorer for naturgasdrevne gasturbiner

Table 69 Emissionsfaktorer for gasturbiner, samlet betragtning

Emission	Enhed	Emissionsfaktor	Min. 2)	Maks. 2)	Spredning 2)	Antal målinger	Antal anlæg med måling 1)	Dækningsgrad [%]
NOx	g/GJ	129,1	20	293	68	44	17	67,0
UHC (C)	g/GJ	<2,3	-	-	-	14, alle under detektionsgrænsen	9	31,1
- CH ₄	g/GJ	1,5	-	-	-	14, alle under detektionsgrænsen	9	31,1
- NMVOC	g/GJ	1,4	-	-	-	14, alle under detektionsgrænsen	9	31,1
CO	g/GJ	6	1,2	83,6	14,1	41, heraf 14 under detektionsgrænsen	17	67,0
N ₂ O	g/GJ	2,17	1,5	3,6	1,5	2	2	5,8
TSP	g/GJ	0,09	0,04	0,12	0,06	2	2	5,8
PM10	mg/GJ	61	12	85	52	2	2	5,8
PM2,5	mg/GJ	51	6	74	48	2	2	5,8
PM1	mg/GJ	38	2	55	38	2	2	5,8
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	mg/GJ	<0,005	-	-	-	1	1	1,9
- Naphthalen	mg/GJ	0,3	-	-	-	1	1	1,9
- Acenaphthen	mg/GJ	0,021	-	-	-	1	1	1,9
- Acenaphthylen	mg/GJ	0,002	-	-	-	1	1	1,9
- Anthracen	mg/GJ	0,004	-	-	-	1	1	1,9
- Benz[a]anthracen	mg/GJ	<0,0007	-	-	-	1	1	1,9
- Benzo[a]pyren	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	1,9
- Benzo[b]fluoranthen	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	1,9
- Benzo[ghi]perylen	mg/GJ	<0,003	-	-	-	1	1	1,9
- Benzo[k]fluoranthen	mg/GJ	<0,002	-	-	-	1	1	1,9
- Chrysen	mg/GJ	0,001	-	-	-	1	1	1,9
- Dibenz[a,h]anthracen	mg/GJ	<0,003	-	-	-	1	1	1,9
- Fluoranthen	mg/GJ	0,006	-	-	-	1	1	1,9
- Fluoren	mg/GJ	<0,012	-	-	-	1	1	1,9
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/GJ	<0,003	-	-	-	1	1	1,9
- Phenanthren	mg/GJ	0,018	-	-	-	1	1	1,9
- Pyren	mg/GJ	0,005	-	-	-	1	1	1,9
Aldehyd								
- Formaldehyd	g/GJ	0,012	0,000	0,094	0,036	6	5	18,4
- Acetaldehyd	g/GJ	0,000	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Acrolein	g/GJ	0,000	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Propanal	g/GJ	0,000	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Acetone	g/GJ	0,007	0,000	0,031	0,013	6	5	18,4
- Butanal	g/GJ	0,011	0,000	0,031	0,013	6	5	18,4
- Pentanal	g/GJ	0,000	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Hexanal	g/GJ	0,000	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
- Benzaldehyd	g/GJ	0,000	0,000	0,000	0,000	6	5	18,4
Lugt	LE/m ³	1971	500	3800	1109	6	5	18,4
Elvirkningsgrad	%	29,3	20,8	38,6	2,3	41	16	62,9

1) Antal anlæg iht Energistyrelsens energiproducenttælling. Der er i alt 22 gasturbineanlæg <25MW_e i energiproducenttællingen.

2) For min., maks. og spredning er ikke anført om der er tale om måleresultater under en detektionsgrænse

Tabel 70 Emissionsfaktorer for gasturbiner ud fra gruppering af turbinerne

Emission	Enhed	Emissionsfaktor
NOx	g/GJ	124
UHC (C)	g/GJ	2,1
- CH ₄	g/GJ	1,4
- NMVOC	g/GJ	1,3
CO	g/GJ	6
N ₂ O	g/GJ	2
TSP	g/GJ	0,1
Aldehyd		
- Formaldehyd	g/GJ	0,010
- Acetaldehyd	g/GJ	0,000
- Acrolein	g/GJ	0,000
- Propanal	g/GJ	0,000
- Acetone	g/GJ	0,009
- Butanal	g/GJ	0,008
- Pentanal	g/GJ	0,000
- Hexanal	g/GJ	0,000
- Benzaldehyd	g/GJ	0,000
Lugt	LE/m ³	2027
Elvirkningsgrad	%	28,8

Tabel 71 EGT Typhoon

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg med måling (ud af 9 anlæg)
Elvirkningsgrad	28.8	28.9	0.6	28.1	29.8	13	7
NOx	81.3	60.0	70.8	20.3	293.4	13	7
UHC (C)	<2.5	-	-	-	-	4 heraf 4< målinger	5
CO	<5.3	5.1	1.1	2.8	5.9	11 heraf 9< målinger	7
N ₂ O	1.47	1.47	-	-	-	1	1
TSP	0.12	0.12	-	-	-	1	1
Lugt	2351	2150	2333	500	3800	2	2
PM10	0,085	-	-	-	-	-	1
PM2,5	0,074	-	-	-	-	-	1
PM1	0,055	-	-	-	-	-	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Acetaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Acrolein	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Propanal	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Acetone	0.02	0.02	0.02	0.00	0.03	2	2
- Butanal	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Pentanal	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Hexanal	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Benzaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	2	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 72 EGT Tornado

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg med måling (ud af 4 anlæg)
Elvirkningsgrad	30.4	30.4	2.1	28.9	38.6	19	4
NOx	143.9	141.8	27.7	72.7	177.1	19	4
UHC (C)	<2.3	-	-	-	-	4 alle < målinger	4
CO	5.4	5.9	2.4	1.2	12.8	19 heraf 3 < målinger	4
N ₂ O	3.59	3.59	-	-	-	1	1
TSP	0,04	0,04	-	-	-	1	1
Lugt	1711	1600	566	1200	2000	2	2
PM10	0,012	-	-	-	-	-	1
PM2,5	0,006	-	-	-	-	-	1
PM1	0,002	-	-	-	-	-	1
Aldehyd							
- Formaldehyd	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	2	2
- Acetaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Acrolein	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Propanal	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Acetone	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Butanal	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Pentanal	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Hexanal	0.00	0.00	-	-	-	2	2
- Benzaldehyd	0.00	0.00	-	-	-	2	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 73 Øvrige fabrikater

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg med måling (ud af 9 anlæg)
Elvirkningsgrad	27.8	27.5	2.8	20.8	31.1	9	5
NOx	175.5	160.6	68.0	29.9	232.0	12	6
UHC (C)	<1.5	-	-	-	-	6 alle < målinger	4
CO	8.0	16.7	26.2	2.8	83.6	11, heraf 2 < målinger	6
N ₂ O	-	-	-	-	-	-	0
TSP	-	-	-	-	-	-	0
Lugt	1752	1900	283	1700	2100	2	2
PM10	-	-	-	-	-	-	0
PM2,5	-	-	-	-	-	-	0
PM1	-	-	-	-	-	-	0
Aldehyd							
- Formaldehyd	0.012	0.047	0.066	0.000	0.094	2	2
- Acetaldehyd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Acrolein	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Propanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Acetone	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Butanal	0.027	0.016	0.022	0.000	0.031	2	2
- Pentanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Hexanal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2
- Benzaldehyd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2	2

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Tabel 74 Supplerende emissionsfaktorer for Solar og Allison

	Emissionsfaktor g/GJ	Middelværdi g/GJ	Spredning g/GJ	Min. g/GJ	Maks. g/GJ	Antal målinger	Antal anlæg med måling
Solar							
Elvirkningsgrad	25.5	24.4	5.1	20.8	28.0	2	2 af 3
NOx	147.9	133.1	56.8	82.3	186.5	4	3 af 3
CO	12.4	20.2	27.1	3.1	51.5	3, heraf 1 < måling	3 af 3
Allison							
Elvirkningsgrad	27.0	27.4	0.7	26.5	28.2	4	2 af 3
NOx	207.8	219.5	18.9	191.8	232.0	4	2 af 3
CO	7.0	6.5	1.0	5.3	7.8	4	2 af 3

1) Med anlæg menes her en post i Energistyrelsens energiproducenttælling

Bilag 8

Anlægsoversigt for affaldsforbrændingsanlæg og biomassefyrede værker

Tabel 75 Anlægsoversigt affaldsforbrænding år 2000

FIRMA	Røggasrensning	Dioxinrens?	Elkapacitet_MW	Affald_TJ
I/S Nordforbrænding	WET ESP FB	ja	7,52	982,4745
Fynsværket	WET ESP FB	ja	24,6	1230,861
I/S Vestforbrænding	WET ESP FB	ja	17	2190,3012
I/S KARA Forbrændingsanlæg	WET ESP FB	ja	12,5	1620,9375
Aars Fjernvarmeforsyning	WET ESP	nej	2,89	325,777
I/S Kraftvarmeværk Thisted	WET ESP	nej	2,924	538,524
I/S Reno Syd	WET ESP	nej	3,2	476,201
EnergiGruppen Jylland, Forbrændning A/S	WET ESP	nej	4	364,1085
Svendborg Kraftvarmeværk	WET ESP 1)	ja	4,5	485,982
AVV-Forbrændingsanlæg	WET ESP	nej	4,6	621,3
Kolding Kraftvarmeværk	WET ESP	nej	6,258	815,143
Sønderborg Kraftvarme I/S 6)	WET ESP	nej	58	680,1165
Affaldscenter Århus, Forbrændingsanlægget	WET ESP	nej	9	1232,3984
Måbjergværket 3)	WET ESP	nej	30	1701,88
Næstved Kraftvarmeværk 5)	WET ESP	nej	38	416,975
Frederikshavn Affaldskraftvarmeværk	WET ESP	nej	2,5	387,594
Slagelse Kraftvarmeværk (KAVO/Energien)	SD FB	nej	10,7	323,045
Amager Forbrænding	SD FB	ja	20	3166,39
Affaldsforbrændingsanlæg I/S REFA	SD CYK FB	ja	6,7	797,979
I/S Reno Nord	SD CYK FB	nej	7	791,175
Vejlen Kraftvarmeværk	DRY FB	ja	2,6	398,1712
Horsens Kraftvarmeværk 4)	DRY FB	ja	32	726,222
Grenå Kraftvarmeværk	DRY ESP	ja	18	109,3365
Kommunekemi A/S	?	ja	7	618,848
Kommunekemi A/S	?	ja	7	608,735
Haderslev Kraftvarmeværk	WET FB	nej	5,5	595,876
Hjordkær Fjernvarmeværk	WET CYK	nej	0,6	7,935
Fynsværket FYV13 2)	FB WET	ja	x	x

1) Særlig proces

2) Den nye linie på Fynsværket har lavt forbrug i år 2000 hvor den er idriftsat. I det omfang der har været målinger på denne linie er brændselsforbruget for år 2001 brugt ved beregning af emissionsfaktorer.

3) Måbjergværket består af to ens affaldslinier der hver repræsenterer under 25MW_e. Værket er derfor inkluderet.

4) Horsens består af to affaldskedler der hver repræsenterer under 25MW_e. Værket er derfor inkluderet.

5) Næstved består af en gasturbine og en dampturbine som får damp fra I/S Fasan affaldsforbrænding. Affaldsdelen repræsenterer mindre end 25MW_e og er derfor inkluderet.

6) Sønderborg består af en gasturbine og affaldsforbrænding. Affaldsforbrændingen repræsenterer under 25MW_e og er derfor inkluderet.

Tabel 76 Anlægsoversigt biomassefyrede kraftvarmeværker <25MW_e (år 2000)

FIRMA	ANLNAVN	Elkapacitet MW	Brutto TJ	Skovflis TJ	Træpiller TJ	Træ- og biomasse- affald TJ	Halm TJ
Assens Fjernvarme	Blok II	4,7	357,3	231,8	39,4	85,7	
Hjordkær Fjernvarmeværk	Kraftvarmeanlæg	0,6	72,3	59,8		4,6	
Grenå Kraftvarmeværk	Dampkedel CFB	18,0	2270,8			271,6	872,3
Masnedøværket	MAV 12	8,3	560,2	59,7			499,1
Måbjergværket	Måbjergværket	30,0	2726,9	290,8	20,2	72,3	455,4
Novopan Træindustri A/S	Kraft V	5,0	710,5			710,5	
Junckers Industrier A/S	Kedel 7 og turbine	9,4	907,2			865,2	
Junckers Industrier A/S	Kedel 8 og turbine	16,4	1516,9			1506,0	
Aarhus Oliefabrik A/S	Kraftcentralen	5,0	1516,4			15,8	
Rudkøbing Kraftvarme	Rudkøbing Kraft- varmeværk	2,2	219,2				218,4
Haslev Kraftvarme	HAV	4,6	322,4				322,4
Slagelse Kraftvarmeværk	SLV	10,7	701,1				378,1
Maribo-Sakskøbing Kraftvarmeværk	MSKV 81	9,8	433,4				433,4

Bilag 9

Emissionsfaktorer i vægtenhed pr. m_n³ røggas

Tabel 77 Affaldsforbrændingsanlæg

Emission	Enhed	Affald KV
NOx	mg/nm3 ved 11% O2	237
UHC (C)	mg/nm3 ved 11% O2	2
CO	mg/nm3 ved 11% O2	14
N2O	mg/nm3 ved 11% O2	2
TSP	mg/nm3 ved 11% O2	3,9
PM10	mg/nm3 ved 11% O2	2,2
PM2,5	mg/nm3 ved 11% O2	2,1
PM1	mg/nm3 ved 11% O2	1,9
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	µg/nm3 ved 11% O2	0,011
- Naphthalen	µg/nm3 ved 11% O2	6,5
- Acenaphthen	µg/nm3 ved 11% O2	0,016
- Acenaphthylen	µg/nm3 ved 11% O2	0,160
- Anthracen	µg/nm3 ved 11% O2	0,031
- Benz[a]anthracen	µg/nm3 ved 11% O2	0,002
- Benzo[a]pyren	µg/nm3 ved 11% O2	0,002
- Benzo[b]fluoranthen	µg/nm3 ved 11% O2	0,003
- Benzo[ghi]perylene	µg/nm3 ved 11% O2	0,002
- Benzo[k]fluoranthen	µg/nm3 ved 11% O2	0,001
- Chrysen	µg/nm3 ved 11% O2	0,010
- Dibenz[a,h]anthracen	µg/nm3 ved 11% O2	0,002
- Fluoranthen	µg/nm3 ved 11% O2	0,106
- Fluoren	µg/nm3 ved 11% O2	0,144
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/nm3 ved 11% O2	0,002
- Phenanthren	µg/nm3 ved 11% O2	0,683
- Pyren	µg/nm3 ved 11% O2	0,067
SO2	mg/nm3 ved 11% O2	46
HCl	mg/nm3 ved 11% O2	8
HF	mg/nm3 ved 11% O2	1
As	µg/nm3 ved 11% O2	13
Cd	µg/nm3 ved 11% O2	9
Co	µg/nm3 ved 11% O2	4
Cr	µg/nm3 ved 11% O2	5
Cu	µg/nm3 ved 11% O2	19
Hg	µg/nm3 ved 11% O2	14
Mn	µg/nm3 ved 11% O2	6
Ni	µg/nm3 ved 11% O2	9
Pb	µg/nm3 ved 11% O2	234
Sb	µg/nm3 ved 11% O2	43
Tl	µg/nm3 ved 11% O2	5
V	µg/nm3 ved 11% O2	5
Dioxin	ng/nm3 ved 11% O2	0,299

Tabel 78 Træ KV

Emission	Enhed	Træ KV
NOx	mg/nm3 ved 10% O2	132
UHC (C)	mg/nm3 ved 10% O2	8
CO	mg/nm3 ved 10% O2	153
N2O	mg/nm3 ved 10% O2	1,5
TSP	mg/nm3 ved 10% O2	15
PM10	mg/nm3 ved 10% O2	3,7
PM2,5	mg/nm3 ved 10% O2	2,4
PM1	mg/nm3 ved 10% O2	2,0
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	µg/nm3 ved 10% O2	0,015
- Naphthalen	µg/nm3 ved 10% O2	4,0
- Acenaphthen	µg/nm3 ved 10% O2	0,037
- Acenaphthylen	µg/nm3 ved 10% O2	0,024
- Anthracen	µg/nm3 ved 10% O2	0,038
- Benz[a]anthracen	µg/nm3 ved 10% O2	0,001
- Benzo[a]pyren	µg/nm3 ved 10% O2	0,005
- Benzo[b]fluoranthen	µg/nm3 ved 10% O2	0,003
- Benzo[ghi]perylene	µg/nm3 ved 10% O2	0,004
- Benzo[k]fluoranthen	µg/nm3 ved 10% O2	0,004
- Chrysen	µg/nm3 ved 10% O2	0,010
- Dibenz[a,h]anthracen	µg/nm3 ved 10% O2	0,004
- Fluoranthen	µg/nm3 ved 10% O2	0,068
- Fluoren	µg/nm3 ved 10% O2	0,008
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/nm3 ved 10% O2	0,004
- Phenanthren	µg/nm3 ved 10% O2	0,256
- Pyren	µg/nm3 ved 10% O2	0,062
SO2	mg/nm3 ved 10% O2	3,4
HCl	mg/nm3 ved 10% O2	1,7
HF	mg/nm3 ved 10% O2	0,2
As	µg/nm3 ved 10% O2	4,5
Cd	µg/nm3 ved 10% O2	1,7
Co	µg/nm3 ved 10% O2	4,5
Cr	µg/nm3 ved 10% O2	4,5
Cu	µg/nm3 ved 10% O2	5,0
Hg	µg/nm3 ved 10% O2	1,4
Mn	µg/nm3 ved 10% O2	60
Ni	µg/nm3 ved 10% O2	4,5
Pb	µg/nm3 ved 10% O2	7,0
Sb	µg/nm3 ved 10% O2	4,5
Tl	µg/nm3 ved 10% O2	4,5
V	µg/nm3 ved 10% O2	4,5
Dioxin	ng/nm3 ved 10% O2	0,003

Tabel 79 Halm KV

Emission	Enhed	Halm KV
NOx	mg/nm3 ved 10% O2	264
UHC (C)	mg/nm3 ved 10% O2	2
CO	mg/nm3 ved 10% O2	126
N2O	mg/nm3 ved 10% O2	2,8
TSP	mg/nm3 ved 10% O2	8,0
PM10	mg/nm3 ved 10% O2	0,3
PM2,5	mg/nm3 ved 10% O2	0,2
PM1	mg/nm3 ved 10% O2	0,2
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	µg/nm3 ved 10% O2	0,310
- Naphthalen	µg/nm3 ved 10% O2	31
- Acenaphthen	µg/nm3 ved 10% O2	0,302
- Acenaphthylen	µg/nm3 ved 10% O2	0,589
- Anthracen	µg/nm3 ved 10% O2	0,205
- Benz[a]anthracen	µg/nm3 ved 10% O2	0,214
- Benzo[a]pyren	µg/nm3 ved 10% O2	0,043
- Benzo[b]fluoranthen	µg/nm3 ved 10% O2	0,316
- Benzo[ghi]perylene	µg/nm3 ved 10% O2	0,068
- Benzo[k]fluoranthen	µg/nm3 ved 10% O2	0,182
- Chrysen	µg/nm3 ved 10% O2	0,999
- Dibenz[a,h]anthracen	µg/nm3 ved 10% O2	0,006
- Fluoranthen	µg/nm3 ved 10% O2	3,514
- Fluoren	µg/nm3 ved 10% O2	0,075
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/nm3 ved 10% O2	0,046
- Phenanthren	µg/nm3 ved 10% O2	3,991
- Pyren	µg/nm3 ved 10% O2	4,176
SO2	mg/nm3 ved 10% O2	95
HCl	mg/nm3 ved 10% O2	93
HF	mg/nm3 ved 10% O2	0
As	µg/nm3 ved 10% O2	4,0
Cd	µg/nm3 ved 10% O2	1,4
Co	µg/nm3 ved 10% O2	4,0
Cr	µg/nm3 ved 10% O2	3,1
Cu	µg/nm3 ved 10% O2	3,3
Hg	µg/nm3 ved 10% O2	1,1
Mn	µg/nm3 ved 10% O2	4,4
Ni	µg/nm3 ved 10% O2	3,3
Pb	µg/nm3 ved 10% O2	12,3
Sb	µg/nm3 ved 10% O2	4,0
Tl	µg/nm3 ved 10% O2	4,0
V	µg/nm3 ved 10% O2	4,0
Dioxin	ng/nm3 ved 10% O2	0,045

Tabel 80 Naturgasmotorer

Emission	Enhed	Naturgasmotorer
NOx	mg/nm3 ved 5% O2	539
UHC (C)	mg/nm3 ved 5% O2	1555
- CH4	mg/nm3 ved 5% O2	1667
- NMVOC	mg/nm3 ved 5% O2	374
CO	mg/nm3 ved 5% O2	561
N2O	mg/nm3 ved 5% O2	4,1
TSP	mg/nm3 ved 5% O2	2,4
PM10	mg/nm3 ved 5% O2	0,6
PM2,5	mg/nm3 ved 5% O2	0,5
PM1	mg/nm3 ved 5% O2	0,5
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	µg/nm3 ved 5% O2	0,074
- Naphthalen	µg/nm3 ved 5% O2	25
- Acenaphthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,201
- Acenaphthylen	µg/nm3 ved 5% O2	0,137
- Anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,115
- Benz[a]anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,030
- Benzo[a]pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,009
- Benzo[b]fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,133
- Benzo[ghi]perylen	µg/nm3 ved 5% O2	0,018
- Benzo[k]fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,078
- Chrysen	µg/nm3 ved 5% O2	0,346
- Dibenz[a,h]anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,008
- Fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,497
- Fluoren	µg/nm3 ved 5% O2	0,134
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,018
- Phenanthren	µg/nm3 ved 5% O2	1,411
- Pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,388
Aldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	
- Formaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	77
- Acetaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	6,017
- Acrolein	mg/nm3 ved 5% O2	0,289
- Propanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,550
- Acetone	mg/nm3 ved 5% O2	0,721
- Butanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,306
- Pentanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,410
- Hexanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,053
- Benzaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	0,085
Lugt	LE/m3	8229
Smøreolie	mg/nm3 ved 5% O2	39
1,3-butadien	mg/nm3 ved 5% O2	0,151
Elvirkningsgrad	%	38,3

Tabel 81 Biogasmotorer

Emission	Enhed	Biogasmotorer
NOx	mg/nm3 ved 5% O2	1817
UHC (C)	mg/nm3 ved 5% O2	855
- CH4	mg/nm3 ved 5% O2	1087
- NMVOC	mg/nm3 ved 5% O2	48
CO	mg/nm3 ved 5% O2	920
N2O	mg/nm3 ved 5% O2	1,7
TSP	mg/nm3 ved 5% O2	8,8
PM10	mg/nm3 ved 5% O2	1,5
PM2,5	mg/nm3 ved 5% O2	0,7
PM1	mg/nm3 ved 5% O2	0,4
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	µg/nm3 ved 5% O2	0,010
- Naphthalen	µg/nm3 ved 5% O2	11,1
- Acenaphthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,134
- Acenaphthylen	µg/nm3 ved 5% O2	0,010
- Anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,015
- Benz[a]anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,001
- Benzo[a]pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,004
- Benzo[b]fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,002
- Benzo[ghi]perylen	µg/nm3 ved 5% O2	0,003
- Benzo[k]fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,001
- Chrysen	µg/nm3 ved 5% O2	0,005
- Dibenz[a,h]anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,003
- Fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,020
- Fluoren	µg/nm3 ved 5% O2	0,036
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,003
- Phenanthren	µg/nm3 ved 5% O2	0,242
- Pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,008
Aldehyd		
- Formaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	71
- Acetaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	0,383
- Acrolein	mg/nm3 ved 5% O2	0,039
- Propanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,016
- Acetone	mg/nm3 ved 5% O2	0,074
- Butanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,025
- Pentanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,000
- Hexanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,000
- Benzaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	0,012
SO2	mg/nm3 ved 5% O2	65
Lugt	LE/m3	18516
1,3-butadien	mg/nm3 ved 5% O2	0,067
Elvirkningsgrad	%	36,0

Tabel 82 Gasturbiner

Emission	Enhed	Gasturbiner
NOx	mg/nm3 ved 5% O2	398
UHC (C)	mg/nm3 ved 5% O2	7
- CH4	mg/nm3 ved 5% O2	5
- NMVOC	mg/nm3 ved 5% O2	5
CO	mg/nm3 ved 5% O2	20
N2O	mg/nm3 ved 5% O2	7
TSP	mg/nm3 ved 5% O2	0,3
PM10	mg/nm3 ved 5% O2	0,2
PM2,5	mg/nm3 ved 5% O2	0,2
PM1	mg/nm3 ved 5% O2	0,1
PAH (benz[a]pyren-ækvivalent)	µg/nm3 ved 5% O2	0,015
- Naphthalen	µg/nm3 ved 5% O2	1,090
- Acenaphthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,068
- Acenaphthylen	µg/nm3 ved 5% O2	0,005
- Anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,013
- Benz[a]anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,002
- Benzo[a]pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,005
- Benzo[b]fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,005
- Benzo[ghi]perylen	µg/nm3 ved 5% O2	0,007
- Benzo[k]fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,004
- Chrysen	µg/nm3 ved 5% O2	0,003
- Dibenz[a,h]anthracen	µg/nm3 ved 5% O2	0,007
- Fluoranthen	µg/nm3 ved 5% O2	0,021
- Fluoren	µg/nm3 ved 5% O2	0,038
- Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,007
- Phenanthren	µg/nm3 ved 5% O2	0,059
- Pyren	µg/nm3 ved 5% O2	0,015
Aldehyd		
- Formaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	0,033
- Acetaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	0,000
- Acrolein	mg/nm3 ved 5% O2	0,000
- Propanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,000
- Acetone	mg/nm3 ved 5% O2	0,030
- Butanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,027
- Pentanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,000
- Hexanal	mg/nm3 ved 5% O2	0,000
- Benzaldehyd	mg/nm3 ved 5% O2	0,000
Lugt	LE/m3	2027
Elvirkningsgrad	%	28,8

Bilag 10

Brændselsforbrug fordelt på anlægsgrupper

Tabel 83 Gasforbrug, naturgasmotorer

Motorgruppe	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
BERGEN	2866	6010	8735	8689	9081	8808	8516	8965
CAT 3500	2234	2506	3136	3617	4457	4412	4181	4207
CAT 3600	1350	3111	4292	4439	4698	4638	4287	4289
CAT MAK							0	184
DORMAN	370	545	512	469	523	427	483	393
FRICHS mini	39	32	48	88	81	86	91	85
JMS 300	968	1787	3028	3917	4762	4959	4919	4958
JMS 600	399	405	501	421	502	526	550	612
MAN	741	700	882	902	960	898	834	882
MAN/B&W		246	559	671	642	706	614	586
MWM G232&234	24	17	20	18	18	29	25	27
MWM TBG 604	617	670	715	683	715	685	662	661
MWM TBG 620	52	188	443	416	398	439	350	385
NIIGATA 26	255	1107	1340	1355	1358	1361	1115	1297
WAUKESHA	364	509	684	815	915	892	838	878
WÄRT 25SG	75	734	1509	1892	2370	2283	2182	2185
WÄRT 28SG				20	376	732	809	795
WÄRT 34SG		130	601	1366	1766	1768	2130	2943
WÄRT kendt	1	248	424	658	616	564	490	518
REST	318	322	557	929	1100	1252	1527	1943

Tabel 84 Gasforbrug, biogasmotorer

Biomotorgruppe	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
?	44	100	110	185	261	361	444	486
BERGEN	82	76	135	127	166	198	215	209
CATERPILLAR	271	329	290	390	444	423	481	453
FIAT	39	56	60	60	62	56	54	58
FRICHS		4	8	3	32	30	37	35
Gosmer			0	1	1	1	1	1
JENBACHER	92	148	194	539	688	586	536	607
MAN	95	102	142	131	142	142	149	134
MWM	249	314	269	324	378	390	459	518
WAUKESHA	11	12	39	56	63	52	68	59

Tabel 85 Gasforbrug, gasturbiner

Turbinegruppe	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
ABB	786	829	832	832	850	816	736	854
Allison	463	500	439	403	319	365	253	749
Dresser Rand	357	363	347	305	376	390	374	151
Kawasaki	48	23	76	72	61	50	44	2
Solar	838	857	885	902	911	856	711	762
TORNADO	655	783	1881	2177	2811	2927	2466	2244
TURBEC							2	7
TYPHOON	533	1061	2255	3060	4332	4593	4391	4138

Bilag 11

Nedenstående er udarbejdet i forbindelse med udvælgelsen af anlæg til måleprogrammet. Da der under det videre arbejde er sket mindre justeringer af hvilke anlæg der omfattes af undersøgelsen, kan mindre afvigelser i anlægsoversigterne forekomme.

Udvælgelse af anlæg til måleprogrammet

Det overordnede måleprogram for de fire anlægskategorier gasturbinanlæg, gasmotoranlæg, affaldsforbrændingsanlæg og biomasseanlæg er fastlagt i projektforslaget. Dvs. at det for hver anlægskategori er lagt fast, hvor mange målinger der skal foretages af hver type. Ud fra kendskabet til det eksisterende målegrundlag skal der udvælges anlæg/anlægstyper, som sikrer en fordeling af det samlede målegrundlag, der giver et godt grundlag for udarbejdelse af emissionsfaktorer.

Generelle kriterier for udvælgelse

Der er i projektforslaget fastlagt nogle overordnede kriterier for, hvordan udvælgelsen skal foretages. For det første skal det sikres, at der er en repræsentativ spredning af målingerne i forhold til anlægstyper/røggasrensningsteknologier. Eventuelle huller i det eksisterende målegrundlag skal identificeres og dækkes af måleprogrammet.

Endvidere skal det sikres, at der ud fra måleprogrammet kan foretages validering af det eksisterende målegrundlag. Dette er specielt vigtigt for gasmotorerne, hvor størstedelen af de hidtil udførte målinger er lavet i forbindelse med idriftsættelse af anlæggene. Der er derfor risiko for, at målingerne ikke er repræsentative for den normale driftssituation.

Endelig skal det sikres, at der bliver mulighed for at foretage analyse af tidsserier for nogle anlæg.

Basis for udvælgelsen af anlæg/anlægstyper er, at DMU har fået oplyst hvilke anlæg, der er foretaget målinger på, samt hvilke emissioner der er foretaget måling af. Resultater af de enkelte målinger er *ikke* oplyst, da der i væsentligt omfang er tale om akkrediterede og kunderekvirerede målinger, som ikke kan videregives uden tilladelse.

Affaldsforbrændingsanlæg

På affaldsforbrændingsanlæg omfatter måleprogrammet:

- Standardmålinger på 5 anlæg (CO, NO_x, UHC, partikler, sure gasser, spormetaller og dioxin)
- Specialemissionsmålinger på de samme 5 anlæg (PAH og N₂O)
- Måling af ultrafine partikler på 3 anlæg

- Målinger af aske, slagge, restprodukt samt spildevand på 5 anlæg

Ud fra Energistyrelsens energiproducenttælling år 2000 har vi kendskab til effekt og brændselsforbrug for anlæggene. Det har været nødvendigt at udarbejde en oversigt over de forskellige anlægs røggasrensning, for at kunne foretage en vurdering af om der er huller i målegrundlaget og for hvilke typer af røggasrensning.

Der er på baggrund af grønne regnskaber fra anlæggene, enkelte henvendelser til værkerne samt med hjælp fra dk-Teknik opstillet en oversigt over, hvilke typer røggasrensning der benyttes på affaldsforbrændingsanlæggene. Der skelnes mellem tør, semitør og våd røggasrensning samt mellem posefiltre, elektrofiltre og cykloner. Endvidere er angivet, om der er dioxinrensning på anlæggene. Anlægsoplysninger vedrørende dioxinrensning stammer fra et forespørgselsvar fra Folketinget (19. marts 2001). Det er ikke undersøgt, om anlæggene har NO_x-rensning.

Tabel 1 har sammen med kendskab til det eksisterende målegrundlag og kendskab til brændselsforbrug på de enkelte værker dannet grundlag for udvælgelsen af anlæg til målinger på affaldsforbrændingsanlæg. Kommunekemi holdes udenfor grupperingen.

Tabel 1 Affaldsforbrændingsanlæg, røggasrensning

Anlægsnavn	Røggasrensning	Dioxin-rensning?	Elkapacitet MW
Frederikshavn Affaldskraftvarmeværk	Elektrofilter våd røggasrensning	nej	2,5
Aars Fjernvarmeforsyning	Elektrofilter våd røggasrensning	nej	2,9
I/S Kraftvarmeværk Thisted	Elektrofilter våd røggasrensning	nej	2,9
I/S Reno Syd	Elektrofilter våd røggasrensning	nej	3,2
EnergiGruppen Jylland, Forbrænding A/S	Elektrofilter våd røggasrensning	nej	4,0
AVV-Forbrændingsanlæg	Elektrofilter våd røggasrensning	nej	4,6
Kolding Kraftvarmeværk	Elektrofilter våd røggasrensning	nej	6,3
Affaldscenter Århus, Forbrændingsanlægget	Elektrofilter våd røggasrensning	nej	9,0
Svendborg Kraftvarmeværk	Elektrofilter våd røggasrensning ¹⁾	ja	4,5
I/S Nordforbrænding	Elektrofilter våd røggasrensning posefilter	ja	7,5
I/S KARA Forbrændingsanlæg	Elektrofilter våd røggasrensning posefilter	ja	12,5
I/S Vestforbrænding	Elektrofilter våd røggasrensning posefilter	ja	17,0
Fynsværket	Elektrofilter våd røggasrensning posefilter	ja	24,6
Hjordkær Fjernvarmeværk	Våd røggasrensning Cyklon		0,6
Haderslev Kraftvarmeværk	Våd røggasrensning posefilter	nej	5,5
Slagelse Kraftvarmeværk (KAVO/Energien)	Semitør røggasrensning posefilter	nej	10,7
Amager Forbrænding	Semitør røggasrensning posefilter	ja	20,0
Affaldsforbrændingsanlæg I/S REFA	Semitør røggasrensning cyklon posefilter	ja	6,7
I/S Reno Nord	Semitør røggasrensning cyklon posefilter	(nej)	7,0
Grenå Kraftvarmeværk	Tør røggasrensning elektrofilter	ja	18,0
Vejen Kraftvarmeværk	Tør røggasrensning posefilter	ja	2,6
Kommunekemi A/S	?		7,0
Kommunekemi A/S	?		7,0

1) Særlig proces

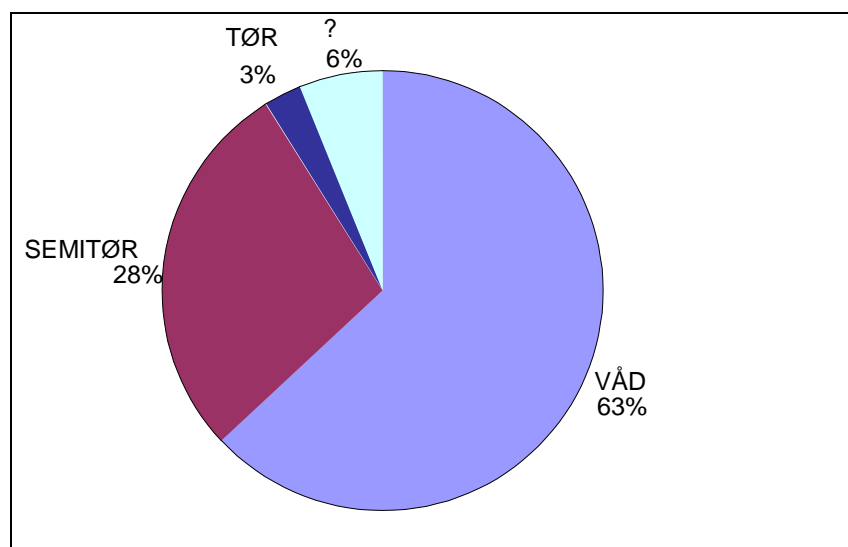
Alle anlæg er forsynet med en eller flere filtertyper. Det kan udledes at:
61% forbrændes på anlæg med elfilter

65% forbrændes på anlæg med posefilter

9% forbrændes på anlæg med cyklon

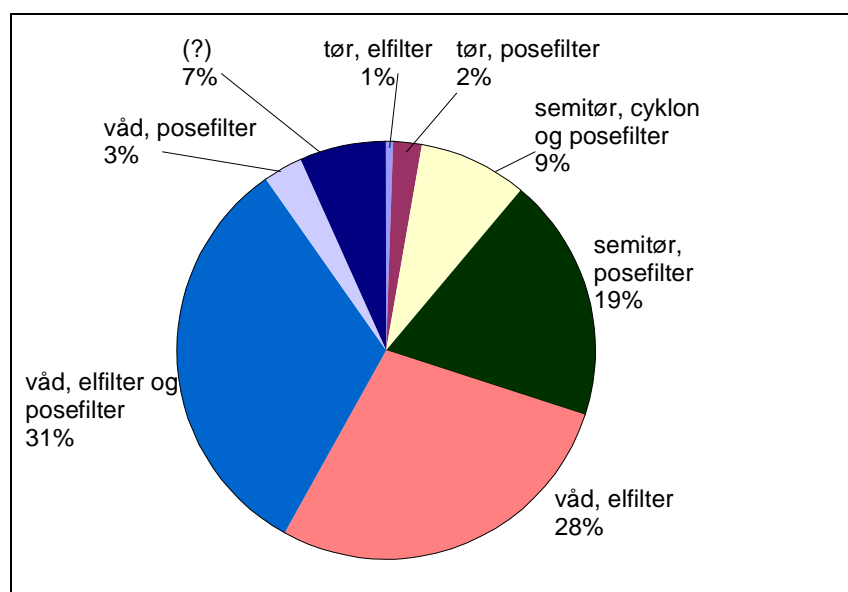
Endvidere kan det konstateres, at 59% forbrændes på anlæg, der har dioxinrensning. Et tal der forventes at blive væsentligt højere de kommende år.

Hovedparten nemlig 63% af affaldsmængden forbrændes på anlæg med våd røggasrensning. 28% forbrændes på anlæg med semitør røggasrensning, mens andelen på tør røggasrensning udgør ca. 3%. For 6% af affaldsmængden har vi ikke haft kendskab til hvilken røggasrensning der benyttes.



Figur 1 Røggasrensning på affaldsforbrændingsanlæg, våd/semitør/tør

Betragtes våd/semitør/tør røggasrensning og filtertyper samlet, ser det ud som vist i figur 2. Der er flest anlæg, som benytter våd røggasrensning med elfilter. De største anlæg benytter endvidere posefilter.



Figur 2 Røggasrensning på affaldsforbrændingsanlæg

Standard- og specialmålinger

Der skal foretages 5 målinger af CO, NO_x, UHC, partikler, sure gasser, spormetaller, dioxin, PAH og N₂O. Da flere af de betragtede emissioner ikke er målt i de eksisterende målinger, tilstræbes det, at der foretages måling på alle de dominerende rensningsteknologier for røggas. Der er som udgangspunkt set bort fra målinger udført på anlæg med en elkapacitet på over 25 MW_e. Ved udarbejdelse af emissionsfaktorer kan det vurderes, om dele af målegrundlaget fra disse anlæg kan betragtes som repræsentativt også for mindre anlæg og dermed bør inkluderes. Målingerne foreslås fordelt på anlægstyper som vist i tabel 2. En anden gruppering af samme data er vist i tabel 3.

Tabel 2 Røggasrensning og målinger på affaldsforbrændingsanlæg (a)

	Antal anlæg	Heraf med dioxinrensning	Affaldsforbrug %	Antal eksisterende målinger *	Foreslåede målinger
Elfilter og våd røggasrensning	9	1	28	5 (+2)	1
Våd røggasrensning og cyklon	1	0	0	0	0
Våd røggasrensning og posefilter	1	0	3	1	0
Elfilter, våd røggasrensning og posefilter	4	4	32	2	2
Semitør røggasrensning og posefilter	2	1	19	0	1
Semitør røggasrensning, cyklon og posefilter	2	1	9	0	1
Tør røggasrensning og elfilter	1	1	1	0	0
Tør røggasrensning og posefilter	1	1	2	1 (+1)	0
Ukendt	2	0	7	0	0
	23	9	100	9 (+3)	5

* Tallene i parentes angiver målinger på anlæg >25MW_e

Tabel 3 Røggasrensning og målinger på affaldsforbrændingsanlæg (b)

Røggasrensning	Affaldsandel der bruges på anlæg med denne røggasrensning	Antal projektmålinger
Våd røggasrensning	63%	3 målinger
Semitør røggasrensning	28%	2 målinger
Tør røggasrensning	3%	0 målinger
Posefilter	65%	3 målinger
Elektrofilter	61%	3 målinger
Cyklon	9%	1 måling
Med dioxinrensning	59%	3 målinger

Udvælgelsen af konkrete anlæg er sket ud fra en vurdering af, hvor typisk anlægget er mht. elkapacitet, brændselssammensætning mv. Endvidere vælges som udgangspunkt anlæg, hvorfra projektet ikke har adgang til målinger, eller der vælges anlæg, hvorfra de eksisterende målinger ikke er så omfattende. Iht. projektforslaget skal der være mulighed for at vurdere tidsmæssige variationer. Måleprogrammet opfylder sammen med dk-Tekniks eksisterende datagrundlag dette ønske.

Der er udpeget 5 konkrete anlæg, men her skal blot nævnes, at det er anlæg af typerne:

- 2 anlæg med elektrofilter, våd røggasrensning og posefilter, med dioxinrensning
- 1 anlæg med elektrofilter og våd røggasrensning, uden dioxinrensning
- 1 anlæg med semitør røggasrensning, cyklon og posefilter, uden dioxinrensning
- 1 anlæg med semitør røggasrensning og posefilter, med dioxinrensning

Analyserne af aske, slagge, restprodukt samt spildevand foretages på de samme 5 anlæg.

Ultrafine partikler

Der skal foretages måling af emissionen af ultrafine partikler på 3 anlæg. Da der ikke er eksisterende målinger, vælges de tre vigtigste anlægstyper. Der er udpeget konkrete anlæg af typerne:

- Elektrofilter og våd røggasrensning
- Elektrofilter, våd røggasrensning og posefilter
- Semitør røggasrensning og posefilter

Biomasseanlæg

På biomasseanlæg omfatter måleprogrammet:

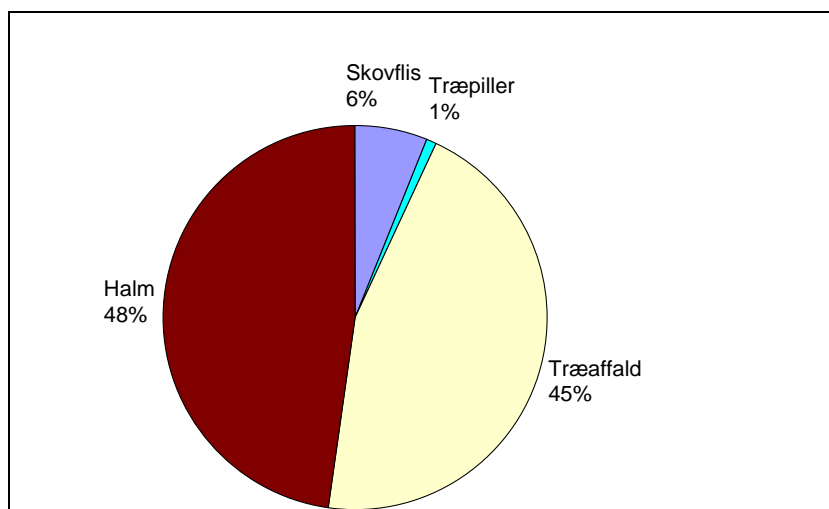
- Standardmålinger på 5 anlæg (CO, NO_x, UHC og partikler)
- Specialemissionsmålinger på de samme 5 anlæg (sure gasser, PAH, dioxin, spormetaller og N₂O)
- Måling af ultrafine partikler og sporanalyse af Hg, Se og As på 3 anlæg
- Målinger af aske, slagge og restprodukt på 5 anlæg

Ud fra Energistyrelsens energiproducenttælling har vi kendskab til effekt og brændselsforbrug for anlæggene. Da udvælgelsen af anlæg blev foretaget, havde vi ikke kendskab til, hvilken røggasrensning der benyttes på anlæggene. Det ville være relevant at få det indarbejdet på et senere tidspunkt. Der er i alt 11 biomassefyrede kraftvarmeværker <25MW_e.

Tabel 4 Biomassefyrede kraftvarmeværker <25MW_e

Anlægsnavn	Blok / liniebetegnelse	Elkapacitet MW	Brutto brændsels- forbrug TJ	Skovflis	Træpiller	Træ- og biomasse- affald	Halm	Andet brændsel
				TJ	TJ	TJ	TJ	TJ
Assens Fjernvarme	Blok II	4,68	357	231,818	39,357	85,731	0	0
Grenå Kraftvarmeværk	Dampkedel CFB	18	2271	0	0	271,558	872,331	1127
Haslev Kraftvarme	HAV	4,6	322	0	0	0	322,353	0
Hjordkær Fjernvarmeværk	Kraftvarmeanlæg	0,6	72	59,788	0	4,559	0	8
Junckers Industrier A/S	Kedel 8 og turbine	16,4	1517	0	0	1505,9858	0	11
Maribo-Sakskøbing Kraftvarmeværk	MSKV 81	9,8	433	0	0	0	433,35	0
Masnedøværket	MAV 12	8,3	560	59,662	0	0	499,105	1
Novopan Træindustri A/S	Kraft V	5	711	0	0	710,5	0	0
Rudkøbing Kraftvarme	Rudkøbing Kraftvarmeværk	2,2	219	0	0	0	218,37	1
Slagelse Kraftvarmeværk	SLV	10,7	701	0	0	0	378,083	323
Aarhus Oliefabrik A/S	Kraftcentralen	5	1516	0	0	15,834	0	1501
SUM				351	39	2594	2724	

Biobrændslerne omfatter halm, træaffald, skovflis og træpiller. På kraftvarmeanlæggene er det primært halm og træaffald der bruges, se figur 3.



Figur 3 Brændselsforbrug på biomassefyrede kraftvarmeværker <25MW_e

Standard- og specialmålinger samt ultrafine partikler

Der skal foretages måling af CO, NO_x, UHC, partikler, sure gasser, PAH, dioxin, spormetaller og N₂O samt analyse af aske, slagge og restprodukt på 5 anlæg. Der er eksisterende målinger på 8 anlæg. For mange af de eksisterende målinger er måleprogrammet væsentligt mindre end i dette projekt. Et af de 11 anlæg har ikke ønsket at deltage. På et andet anlæg har det af praktiske grunde ikke været muligt at udføre målingen. På Aarhus Oliefabrik er der tilsyneladende tale om en smule tilsatsfyring, og der ses bort fra dette anlæg. Hjordkær er et meget lille anlæg og ikke repræsentativt for anlægsgruppen, så der ses også bort fra dette anlæg. Tilbage bliver således et valg af 5 ud af 7 anlæg. Måleprogrammet er fastlagt ud fra, at der skal være en rimelig

fordeling på brændsler og anlægsstørrelse. Desuden er der taget meget hensyn til, hvilke emissioner der tidligere er målt på de enkelte værker.

Der er udpeget 5 konkrete anlæg til måleprogrammet. Målingerne er fordelt på brændsler som angivet nedenfor. Bemærk at der bruges flere brændsler på mange anlæg.

- 3 målinger på anlæg der bruger træaffald som brændsel
- 3 målinger på anlæg der bruger halm som brændsel
- 1 måling på et anlæg der bruger skovflis som brændsel
- 1 måling på et anlæg der bruger træpiller som brændsel

Emissionsmåling af ultrafine partikler foretages på 3 anlæg: Et halmfyret anlæg, et anlæg der bruger træaffald og et anlæg der bruger flere forskellige typer af træ. Konkrete anlæg er udpeget.

Konklusion

Der er udpeget anlæg til projektmålingerne for hver af anlægskategoriene. Under udvælgelsen af anlæg til måleprogrammet er der taget hensyn til at der skal opnås så god en dækningsgrad som muligt. Der opnås god dækningsgrad for standardmålingerne for alle fire anlægskategorier. For emissionerne under specialmålinger vil dækningsgraden være mere beskedne. Rapportering af den opnåede dækningsgrad for de enkelte emissioner foretages i forbindelse med emissionsfaktorens udarbejdelse. Det samlede målegrundlag giver mulighed for at analysere tidsserier for anlæg indenfor hver af de fire anlægskategorier.

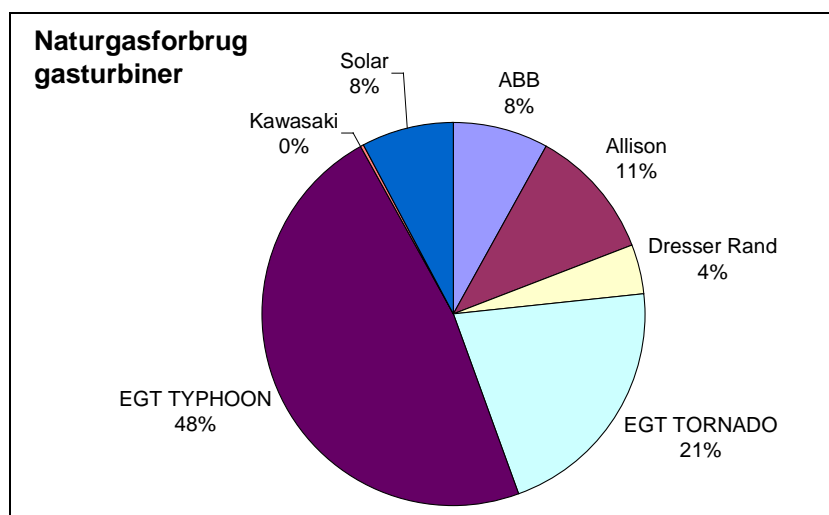
Gasturbiner

På gasturbineanlæg omfatter måleprogrammet:

- Standardmålinger på 6 anlæg (CO, NO_x, UHC, lugt og aldehyd)
- Specialemissionsmålinger på 2 anlæg (PAH, partikler, og N₂O)
- Måling af emission af ultrafine partikler på 2 anlæg

Ud fra Energistyrelsens energiproducenttælling har vi kendskab til effekt og gasforbrug for anlæggene. Derudover har DGC oplyst gasturbinefabrikat og type for alle anlæg. Der er derimod ikke kendskab til, om gasturbinerne har lav-NO_x brændere eller dampinjektion. Disse data kan evt. indarbejdes senere i projektet.

Naturgasforbruget på gasturbineanlæg <25MW_e er vist fordelt på fabrikat i figur 4. Det fremgår, at de to gasturbiner fra EGT er helt dominerende. Dresser Rand turbinen er nu taget ud af drift.



Figur 4 Naturgasforbrug på gasturbiner <25MW_e fordelt på fabrikat

Standardmålinger

Der er eksisterende målinger på 14 ud af i alt 23 anlæg. De eksisterende målinger omfatter normalt ikke måling af aldehyd- og lugtemission og er således mindre omfattende end måleprogrammets standardmålinger. De eksisterende målinger er rimeligt fordelt på fabrikat i forhold til gasforbruget. Der er 6 målinger på EGT Typhoon og 3 målinger på

EGT Tornado. Der er også eksisterende målinger på både ABB, Allison og Solar.

Hvis alle gasturbinetyper skulle være repræsenteret i datagrundlaget, skulle der foretages måling på Dresser Rand DC 501K og Kawasaki KA12300. Dresser Rand turbinen er som nævnt taget ud af drift. Der er kun en enkelt Kawasaki gasturbine i Danmark, og da dens gasforbrug ligger så lavt, er det rimeligt at se bort fra den.

Ud fra vægtning af gasforbrug/eksisterende målinger vælges:

- EGT Tornado, 2 målinger, den ene med ældre brænder den anden med lav-NO_x brænder
- EGT Typhoon, 2 målinger, den ene med ældre brænder den anden med lav-NO_x brænder
- Allison CX 501
- ABB GT35C

Hvis EGT turbinerne findes med både lav-NO_x brændere og ældre brændere, foretages således en måling på hver version af gasturbinerne. Hvis der ikke findes lav-NO_x brændere på EGT turbinerne foretages i stedet måling på 3 EGT turbiner, og der suppleres med en enkelt måling på Solar Mars.

Ved at betragte måleprogrammet sammen med figur 1 ses at måleprogrammet er hensigtsmæssigt sammensat mht. de emissioner der ikke er målt tidligere (lugt og aldehyd).

Specialmålinger og måling af ultrafine partikler

Måling af specialemissioner skal foretages på 2 anlæg. Der er ikke tidligere foretaget måling af PAH, N₂O og partikelemission på gasturbineanlæg. Målingerne foretages derfor på de dominerende gasturbine typer, under hensyntagen til at forskellige anlægstyper skal repræsenteres. Målingerne foretages på de to EGT gasturbiner, der tilsammen dækker 68% af naturgasforbruget. Målingerne foretages på:

- EGT Tornado (ældre brænder)
- EGT Typhoon (lav-NO_x brænder)

Måling af emissionen af ultrafine partikler skal foretages på 2 anlæg. Der er ikke kendskab til målinger på forhånd, og der foreslås måling på samme anlæg som ovenfor.

Gasmotorer

På gasmotoranlæg omfatter måleprogrammet:

- Standardmålinger på 20 anlæg (CO, NO_x, UHC, lugt og aldehyd)
- Specialemissionsmålinger på 4 anlæg (Smøreolie, PAH, partikler, 1,3-butadien og N₂O)
- Måling af emissionen af ultrafine partikler og sporstofanalyse på 4 anlæg

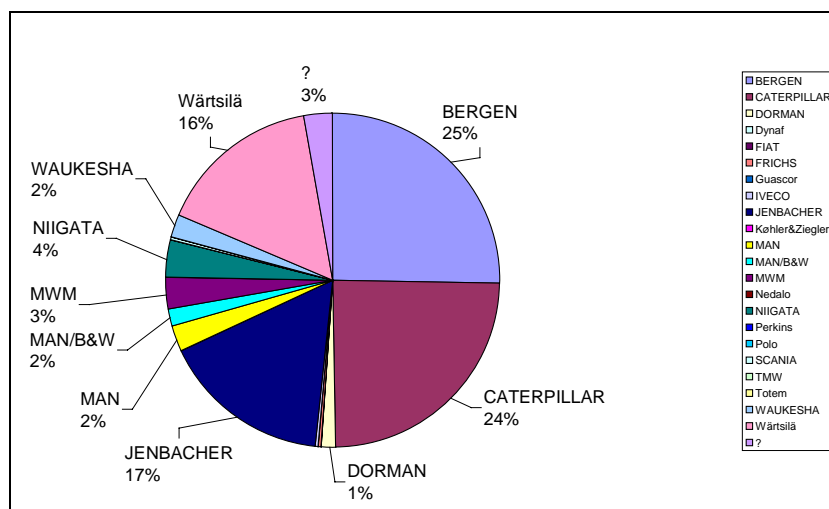
- Endvidere foretages på nogle anlæg supplerende måling af kondensvand mv.

Målingerne på gasmotorer omfatter såvel naturgasdrevne som biogasdrevne motorer. Naturgasforbruget udgør ca. 96% og biogasforbruget ca. 6% af gasforbruget på motorer. Biogas omfatter både gyllegas, lossepladsgas og gas fra rensningsanlæg.

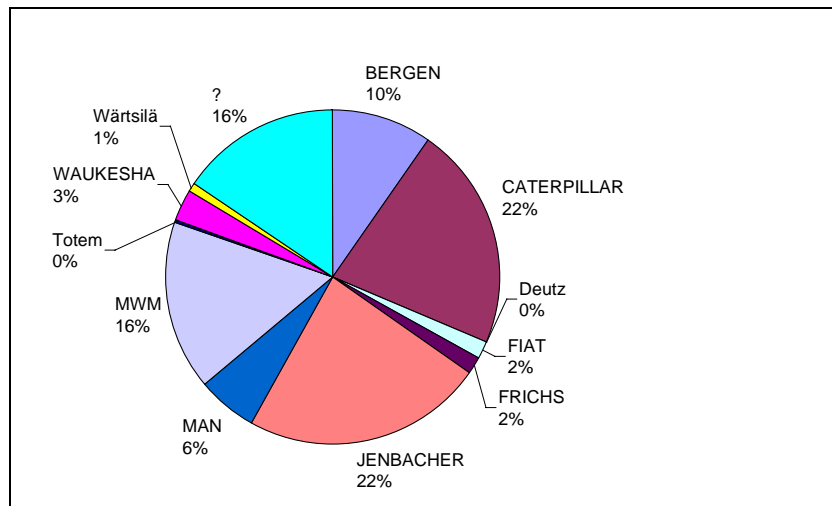
Ud fra Energistyrelsens energiproducenttælling har vi kendskab til effekt og gasforbrug for anlæggene. Derudover har DGC oplyst motorfabrikat og -type for langt hovedparten af motorerne. Over 97% af naturgasforbruget ligger på anlæg, hvor motorfabrikat (og oftest også type) er kendt. Der er dog et mindre omfattende kendskab til, hvilke motortyper der er installeret på biogasanlæg og på de allermindste anlæg. Kendskabet til, hvilke motorer der er forsynet med katalysator, er begrænset. Disse data kan evt. indarbejdes senere i projektet.

Naturgasforbruget på gasmotoranlæggene er vist fordelt på fabrikat i figur 5. Ulstein Bergen, Caterpillar, Jenbacher og Wärtsilä er de dominerende motorfabrikater. De fleste fabrikater har en række forskellige gasmotortyper. I forbindelse med udvælgelsen af anlæg til måleprogrammet er der foretaget en vis gruppering af motortyper der i alt væsentligt er identiske. Det gælder motortyper, der er ens bortset fra forskellige cylinderantal. Fx er Caterpillar 3512 (12 cyl.) og Caterpillar 3516 (16 cyl.) betragtet som een motortype.

I figur 6 er biogasforbruget fordelt på motorfabrikat. Caterpillar og Jenbacher er de dominerende fabrikater.



Figur 5 Naturgasforbrug på gasmotorer fordelt på fabrikat



Figur 6 Biogasforbrug på gasmotorer fordelt på fabrikat

Standardmålinger

Der er et omfattende målegrundlag for gasmotorer, idet der er eksisterende målinger på 177 naturgasdrevne anlæg. Derudover er der måling på 10 biogasdrevne motorer. Ligesom for gasturbinerne er de eksisterende målinger mindre omfattende end måleprogrammets standardmålinger, idet der normalt ikke er foretaget måling af aldehyd- og lugtemission.

Fordelingen af målinger mellem hhv. biogas- og naturgasdrevne anlæg svarer ganske godt til fordelingen af brændselsforbrug (94%/6%). Skulle de nye standardmålinger fordeles i henhold til fordelingen af brændselsforbrug, skulle der kun foretages enkelte nye målinger på biogas. Der skal dog tages hensyn til, at tre typer biogas ønskes omfattet af undersøgelsen. Da der endvidere er huller i datagrundlaget for motortyper, der er dominerende indenfor biogas, foreslås, at der foretages 7 målinger på biogas.

Biogas

Pga. begrænset kendskab til motortyper på rensningsanlæg og lossepladser er der ikke peget på bestemte motortyper for disse biogasser. På biogas foretages følgende standardmålinger:

- 2 målinger på slamgas (rensningsanlæg)
- 2 målinger på lossepladsgas
- 3 målinger på gyllegas. Målingerne foretages på de dominerende motortyper Caterpillar 3500 og Jenbacher 316 samt på en lille motor fx Frichs mini 60 Valmet.

Naturgas

I alt udføres 13 standardmålinger ved naturgasdrift. Der er eksisterende målinger på 177 naturgasdrevne gasmotoranlæg. Der er opstillet tre mere konkrete udvælgelseskriterier for naturgasmotorer:

1. Motortyper, der har et brændselsforbrug >1% af det samlede for gasmotorer, skal repræsenteres ved nye eller eksisterende målinger. Dette kriterium gør måling nødvendig på:

- Wärtsilä 18GD
2. Der skal foretages en projektmåling på motortyper, der har et brændselsforbrug >5% af det samlede for gasmotorer. Dette vil sikre, at der er lugt- og aldehydmålinger på de vigtigste motortyper.
 - Bergen KVGs 18G
 - Caterpillar 3500
 - Caterpillar 3600
 - Jenbacher JMS 316 eller 320
 - Wärtsilä 25SG
 - Wärtsilä 34SG
 3. Der skal foretages måling på motortyper, der er dårligt repræsenteret i det eksisterende datagrundlag i forhold til deres brændselsforbrug:
 - Bergen KVGs 16G
 - Bergen KVGs 18G
 - Jenbacher JMS 320
 - Jenbacher JMS 616
 - MAN B&W 28/32SI
 - Niigata 26HX-G
 - Waukesha L5790
 - Wärtsilä 18GD
 - Wärtsilä 34SG

samt som repræsentant for de små motorer:

 - Frichs mini 90, Valmet

Der er en del overlap mellem de tre kriterier, og i alt bliver der 13 målinger på naturgasdrevne motorer. Det er efterfølgende kontrolleret at måleprogrammet repræsenterer både åbenkammer- og forkammermotorer med og uden katalysator.

Specialmålinger og måling af ultrafine partikler

Måling af specialemissioner skal foretages på 4 anlæg. Målingerne omfatter PAH, partikler, 1,3-butadien, N₂O og smøroleieemission. Bortset fra smøroleieemission er der ikke eksisterende målinger af denne type på gasmotoranlæg. Derfor foreslås 1 måling på en biogasdrevet motor og 3 målinger på naturgasdrevne motorer. Målingerne foretages på de dominerende motortyper, under hensyntagen til at forskellige anlægstyper skal repræsenteres. Målingerne foreslås foretaget på flg. anlægstyper:

- Naturgasdrevet Ulstein Bergen KVGs 18G (forkammermotor uden katalysator)
- Naturgasdrevet Jenbacher 316 (åbenkammermotor med katalysator)
- Naturgasdrevet Caterpillar 3600 (forkammermotor med katalysator)
- Biogasdrevet (gyllegas) Jenbacher 316 (åbenkammermotor uden katalysator)

Måling af ultrafine partikler skal foretages på 4 anlæg. Der er ikke kendskab til målinger på forhånd, og derfor foreslås måling på samme anlægstyper som ovenfor.

Konklusion

Der er udpeget anlæg til projektmålingerne for hver af anlægskategorierne. Under udvælgelsen af anlæg til måleprogrammet er der taget hensyn til at der skal opnås så god en dækningsgrad som muligt. Der opnås god dækningsgrad for standardmålingerne for alle fire anlægskategorier. For emissionerne under specialmålinger vil dækningsgraden være mere beskedent. Rapportering af den opnåede dækningsgrad for de enkelte emissioner foretages i forbindelse med emissionsfaktorens udarbejdelse. Det samlede målegrundlag giver mulighed for at analysere tidsserier for anlæg indenfor hver af de fire anlægskategorier.

[Tom side]

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. 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
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

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

*Overvågningssektionen
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi
Projektchef for det akvatiske område*

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

Afd. for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger og en årlig årsrapport. Endvidere udgiver DMU i samarbejde med Gads Forlag den en populærfaglig serie af bøger, MiljøBiblioteket. En oversigt over DMU's publikationer og et katalog over aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter kan findes på DMU's hjemmeside.

Faglige rapporter fra DMU

2002

- Nr. 404: Analytical Chemical Control of Phtalates in Toys. Analytical Chemical Control of Chemical Substances and Products. By Rastogi, S.C., Jensen, G.H. & Worsøe, I.M. 25 pp. (electronic)
- Nr. 405: Indikatorer for Bæredygtig Transport – oplæg til indhold og strategi. Af Gudmundsen, H. 112 s., 100,00 kr.
- Nr. 406: Det landsdækkende luftkvalitetsmåleprogram (LMP). Årsrapport for 2001. Af Kemp, K. & Palmgren, F. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 407: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2000. By Kemp, K. & Palmgren, F. 32 pp. (electronic)
- Nr. 408: Blykontaminering af havfugle i Grønland fra jagt med blyhagl. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F. 31 s. (elektronisk)
- Nr. 409: The State of the Environment in Denmark 2001. By Bach, H., Christensen, N. & Kristensen, P. (eds). 368 pp., 200,00 DKK
- Nr. 410: Biodiversity in Glyphosate Tolerant Fodder Beet Fields. Timing of Herbicide Application. By Strandberg, B. & Bruus Pedersen, M. 36 pp. (electronic)
- Nr. 411: Satellite Tracking of Humpback Whales in West Greenland. By Dietz, R. et al. 38 pp. (electronic)
- Nr. 412: Control of Pesticides 2001. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krøngård, T. Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 28 pp. (electronic)
- Nr. 413: Vegetation i farvandet omkring Fyn 2001. Af Rasmussen, M.B. 138 s. (elektronisk)
- Nr. 414: Projection Models 2010. Danish Emissions of SO₂, NO_x, NMVOC and NH₃. By Illerup, J.B. et al. 194 pp., 100,00 DKK.
- Nr. 415: Potential Environmental Impacts of Soil Spills in Greenland. An Assessment of Information Status and Research Needs. By Mosbech, A. (ed.) 116 pp. (electronic)
- Nr. 416: Ilt- og næringsstoffluxmodel for Århus Bugt og Mariager Fjord. Modelopsætning. Af Fossing, H. et al. 72 s., 100,00 kr.
- Nr. 417: Ilt- og næringsstoffluxmodel for Århus Bugt og Mariager Fjord. Modelopsætning og scenarier. Af Fossing, H. et al. 178 s. (elektronisk)
- Nr. 418: Atmosfærisk deposition 2001. NOVA 2003. Af Ellermann, T. (elektronisk)
- Nr. 419: Marine områder 2001 - Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Af Ærtebjerg, G. (red.) (elektronisk)
- Nr. 420: Landovervågningsoplande 2001. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (elektronisk)
- Nr. 421: Søer 2001. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. (elektronisk)
- Nr. 422: Vandløb og kilder 2001. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (elektronisk)
- Nr. 423: Vandmiljø 2002. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 56 s., 100,00 kr.
- Nr. 424: Burden Sharing in the Context of Global Climate Change. A North-South Perspective. By Ringius, L., Frederiksen, P. & Birr-Pedersen, K. 90 pp. (electronic)
- Nr. 425: Interkalibrering af marine målemetoder 2002. Af Stæhr, P.A. et al. 88 s. (elektronisk)
- Nr. 426: Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. Af Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. 195 s. (elektronisk)
- Nr. 427: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2001. By Kemp, K. & Palmgren, F. 32 pp. (electronic)

2003

- Nr. 428: Vildtbestande, jagt og jagttider i Danmark 2002. En biologisk vurdering af jagtens bæredygtighed som grundlag for jagttidsrevisionen 2003. Af Bregnballe, T. et al. 227 s. (elektronisk)
- Nr. 429: Movements of Seals from Rødsand Seal Sanctuary Monitored by Satellite Telemetry. Relative Importance of the Nysted Offshore Wind Farm Area to the Seals. By Dietz, R. et al. 44 pp. (electronic)
- Nr. 430: Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i gylle. Af Schwærter, R.C. & Grant, R. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 432: Metoder til miljøkonsekvensvurdering af økonomisk politik. Møller, F. 65 s. (elektronisk)

Der er udarbejdet nye emissionsfaktorer for decentrale kraftvarmeværker <25 MW_e. Emissionsfaktorerne er baseret på såvel projektmålinger som eksisterende målinger foretaget på danske værker. Følgende anlægstyper er omfattet af udredningen: Affaldsbaseret kraftvarme, halm- og træfyrede kraftvarmeværker, naturgasdrevne motorer og turbiner samt biogasdrevne motorer. Der er udarbejdet emissionsfaktorer for en lang række stoffer herunder SO₂, NO_x, NMVOC, CH₄, CO, partikler, aldehyd, dioxin og metaller. De decentrale værkers samlede emissioner er bestemt og sammenholdt med den totale danske emission fra øvrige emissionskilder.