

Miljødokumentation af
aldehydkatalysatorer
3. måling på Tørring Kraftvarmeværk

Målerapport 725.40

Juli 2004

Rolls Royce Bergen B35:40 V12AG

For ydelser af enhver art udført af Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) gælder:

- *at DGC er ansvarlig i henhold til "Almindelige bestemmelser for teknisk rådgivning & bistand (ABR 89)", som er vedtaget for opgaven, med mindre andet aftales skriftligt.*
- *at erstatningsansvaret for fejl, forsømmelser eller skader over for rekvirenten eller tredjemand gælder pr. ansvarspådragende fejl eller forsømmelse. Ansvaret er dog altid begrænset til maksimum 100% af det vederlag, som DGC har modtaget for den pågældende opgave. Rekvirenten holder DGC skadesløs for alle tab, udgifter og erstatningskrav, der måtte overstige DGC's hæftelse.*
- *at DGC skal - uden begrænsning - omlevere egne ydelser i forbindelse med fejl, mangler og forsømmelser i DGC's materiale. Dette gælder dog ikke længere end 5 år fra opgavens udførelse.*
- *at rekvirenten er ansvarlig for, at de iht. lov gældende sikkerheds- og arbejdsmiljøregler hos rekvirenten kan overholdes af DGC i forbindelse med opgavens udførelse. Såfremt DGC må standse, afbryde og/eller udsætte en opgave, fordi disse regler ikke kan overholdes, må rekvirenten bære DGC's eventuelle ekstraomkostninger i forbindelse hermed.*

Marts 2000

Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer

3. måling på Tørring Kraftvarmeværk

Rolls Royce Bergen B35:40 V12AG

Henrik Andersen og Steen Andersen

Titel : Tørring Kraftvarmeværk

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Henrik Andersen og Steen Andersen

Dato for udgivelse : 08.07.2004

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; H:\725\40-formaldehyd kat\HAN_SDA\Målerapporter\Tørring3\Tørring_250504.doc

Sagsnavn : Dokumentation af formaldehydkatalysator

Brug af DGC's navn ved markedsføring og gengivelse af prøvningsrapporten med prøvningsresultater ud over i sin helhed er ikke tilladt uden DGC's skriftlige tilladelse.

Rapporten er kun gældende for det afprøvede apparat eller anlæg, som det er stillet til rådighed af klienten for prøvningen og i den tilstand, som det er beskrevet i denne rapport.

Bemærk: Alle usikkerheder angivet i denne rapport er absolutte på 95% konfidensniveau, medmindre andet er nævnt. Usikkerheder på emissionsværdier er uden prøvetagningsusikkerhed medmindre andet er nævnt.

Oktober 2003

Indholdsfortegnelse**Side**

1 Udførte målinger og resultater	4
2 Rekvirent.....	8
3 Opgavebeskrivelse	9
4 Anlægsbeskrivelse	10
4.1 Data for gasmotor	10
5 Måleresultater	11
5.1 Emission.....	11
5.2 Øvrige driftsdata	12

1 Udførte målinger og resultater

Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) har den 25.05.2004 udført energi- og miljømåling på en Rolls Royce Bergen B35:40 V12AG gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet ”Dokumentation af formaldehydkatalysatorer”.

Målingerne er udført af Henrik Andersen og Steen Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

Ydelsesdata rapporteres ikke i denne rapport, da dokumentationsprojektet alene vedrører miljømæssige forhold ved katalysatoren.

Der er udført emissionsmålinger før og efter katalysator af hver en times varighed ved fuldlastdrift, svarende til 5,1 MW.

Emissionsmålingen er udført som akkrediteret prøvning med DGC's måleudstyr, kalibreret før og kontrolleret efter målingen med medbragte certificerede prøvegasser. Måleresultaterne er registreret på computer ved hjælp af datalogger. Der rapporteres her måleresultater for følgende røggaskomponenter:

- O₂
- CO
- NO (kortidsmåling)
- NO_x (summen af NO og NO₂)
- UHC (uforbrændt kulbrinte)

Der er yderligere foretaget følgende analyser af røggassen til bestemmelse af:

- Aldehyder
- Olieemission

Røggasudtaget før katalysator er placeret i røggaskanal umiddelbart efter motoren, udtaget efter katalysator er placeret udendørs, efter lyd-dæmper og røggasveksler umiddelbart inden tilgang til skorsten.

I Tabel 1a og 1b er angivet timemiddelværdier for CO-, NO_x- og UHC- (uforbrændt kulbrinte) -emissioner. Værdierne refererer til tør røggas.

*Tabel 1a: Timemiddelværdi for gasmotor før katalysator
(tør røggas)*

		Gennemsnit, middelværdier før katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,1 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	525 ± 49 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	437 ± 22 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	804 ± 50 ³⁾

- 1) Omregnet til 5%-vol. O₂
- 2) NO + NO₂, NO vægtmæssigt regnet som NO₂
- 3) Inkl. usikkerhed på iltmåling
- 4) Total kulbrinte, C-ækvivalent

*Tabel 1b: Timemiddelværdi for gasmotor efter katalysator
(tør røggas)*

		Gennemsnit, middelværdier efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,1 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	59 ± 6 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	462 ± 23 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	768 ± 49 ³⁾

- 1) Omregnet til 5%-vol. O₂
- 2) NO + NO₂, NO vægtmæssigt regnet som NO₂
- 3) Inkl. usikkerhed på iltmåling
- 4) Total kulbrinte, C-ækvivalent

I Tabel 2a og 2b er angivet analyseresultaterne for aldehyder i røggassen.

Tabel 2a Analyseresultater af aldehyd i røggas før katalysator

	Emission¹⁾	Usikkerhed
	Middel	
	[mg/m ³ n]	[mg/m ³ n]
Formaldehyd	46,12	± 3,42
Acetaldehyd	3,49	± 0,26
Acrolein	0,223	± 0,017
Propanal	0,257	± 0,019
Acetone	0,284	± 0,021
Butanal ³⁾	-	-
Pentanal ³⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ³⁾	-	-

1) Tør røggas, korrigeret til 5%-vol O₂.

2) Under detektionsgrænsen.

3) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

Tabel 2b Analyseresultater af aldehyd i røggas efter katalysator

	Emission¹⁾	Usikkerhed
	Middel	
	[mg/m ³ n]	[mg/m ³ n]
Formaldehyd	20,92	± 1,55
Acetaldehyd	1,70	± 0,13
Acrolein	0,011	± 0,001
Propanal	0,136	± 0,010
Acetone	0,235	± 0,017
Butanal ³⁾	-	-
Pentanal ³⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ³⁾	-	-

1) Tør røggas, korrigeret til 5%-vol O₂.

2) Under detektionsgrænsen.

3) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

Der er udtaget prøver for olieemission som dobbeltbestemmelse før og efter katalysator.

I tabel 3 ses resultater af olieemissionsmålingerne.

Table 3 Resultater for olieemissionsmåling

		Prøve 1	Prøve 2
Før katalysator	[mg/m ³ n]	19,5	- ¹⁾
Efter katalysator	[mg/m ³ n]	- ¹⁾	- ¹⁾

1) Under detektionsgrænsen

Årsagen til, at prøve 2 før katalysator ikke viser emission af olie, kan ikke umiddelbart forklares. Prøverne er udtaget under særdeles vanskelige forhold, idet udtagsstederne ikke er hensigtsmæssigt udformet i forhold til prøvetagningen. Detektionsgrænsen er ca. 1 mg/m³n.

2 Rekvirent

Styregruppen for projektet:

Miljødokumentation af katalytisk reduktion af formaldehyd

PSO nr. 5230

DGC projektnummer 725.40

3 Opgavebeskrivelse

Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) har den 25.05.2004 udført energi- og miljømåling på en Rolls Royce Bergen B35:40 V12AG gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet ”Dokumentation af formaldehydkatalysatorer”.

Målingerne er udført af Henrik Andersen og Steen Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

Tørring Kraftvarmeværk var under målingerne repræsenteret ved Erling Nissen.

4 Anlægsbeskrivelse

For anlægsbeskrivelse henvises til målerapport af den 23.01.2004 vedrørende 1. måling på Tørring Kraftvarmeværk.

4.1 Data for gasmotor

Gasmotor:

Driftstimetotal, motor: 3385

Driftstimetotal, katalysator: 2947

Tænding: 12° FTDP

Idriftsættelse: November 2003

5 Måleresultater

5.1 Emission

Røggasudtaget før katalysator er placeret i røggaskanal umiddelbart efter motoren, udtaget efter katalysator er placeret udendørs efter katalysator, lyddæmper og røggasveksler umiddelbart inden tilgang til skorsten.

Timemiddelværdier for emissionsmålingerne fremgår af tabel 4. Alle anførte måleværdier refererer til tør røggas. Måleværdierne er vist grafisk på side 13 – 14.

Tabel 4 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,1 ± 0,3	11,1 ± 0,3
CO	[ppm]	260 ± 23	29 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	131 ± 6	139 ± 6
UHC ²⁾	[ppm]	929 ± 51	889 ± 51

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO-andelen udgjorde ca. 74%-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 87%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 411°C og ca. 73°C efter.

Bestemmelse af usikkerhed for målingerne fremgår af usikkerhedsbudgetter side 15 – 16.

5.2 Øvrige driftsdata

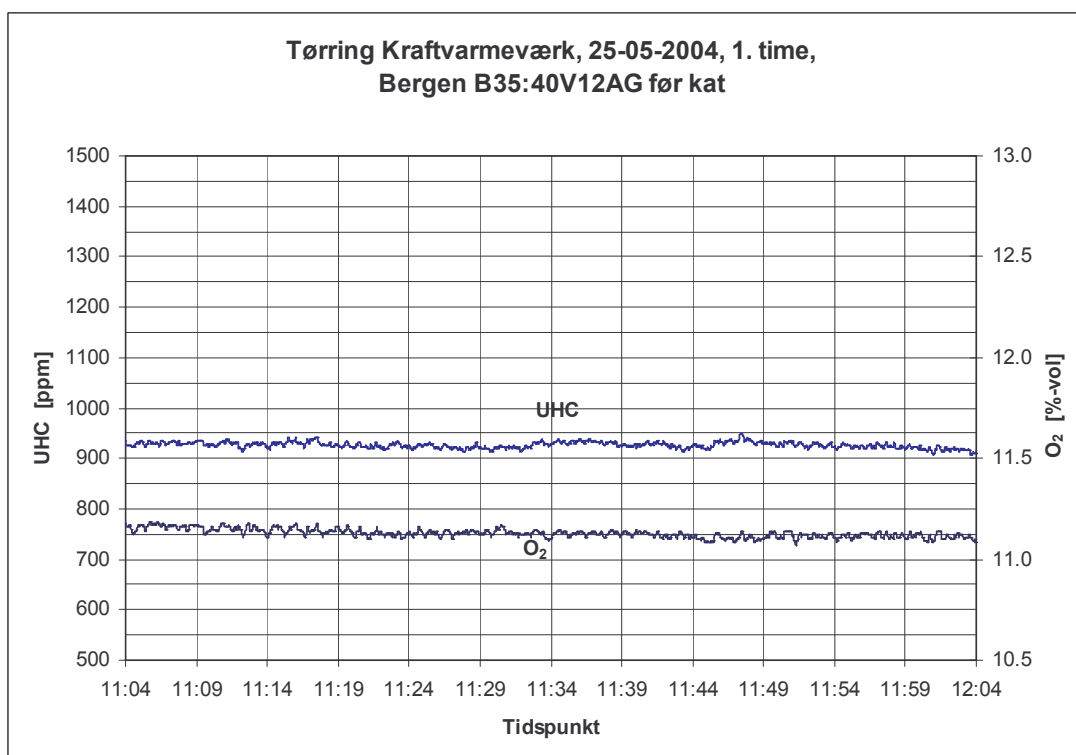
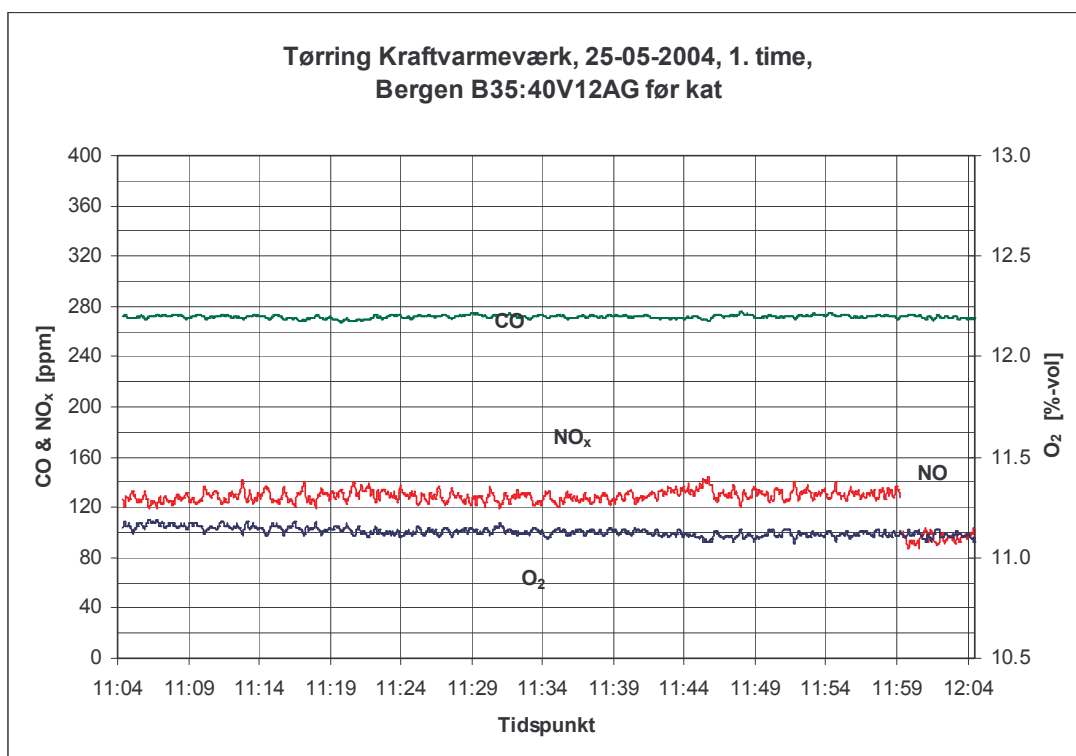
I Tabel 5 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

Tabel 5 Supplerende målinger

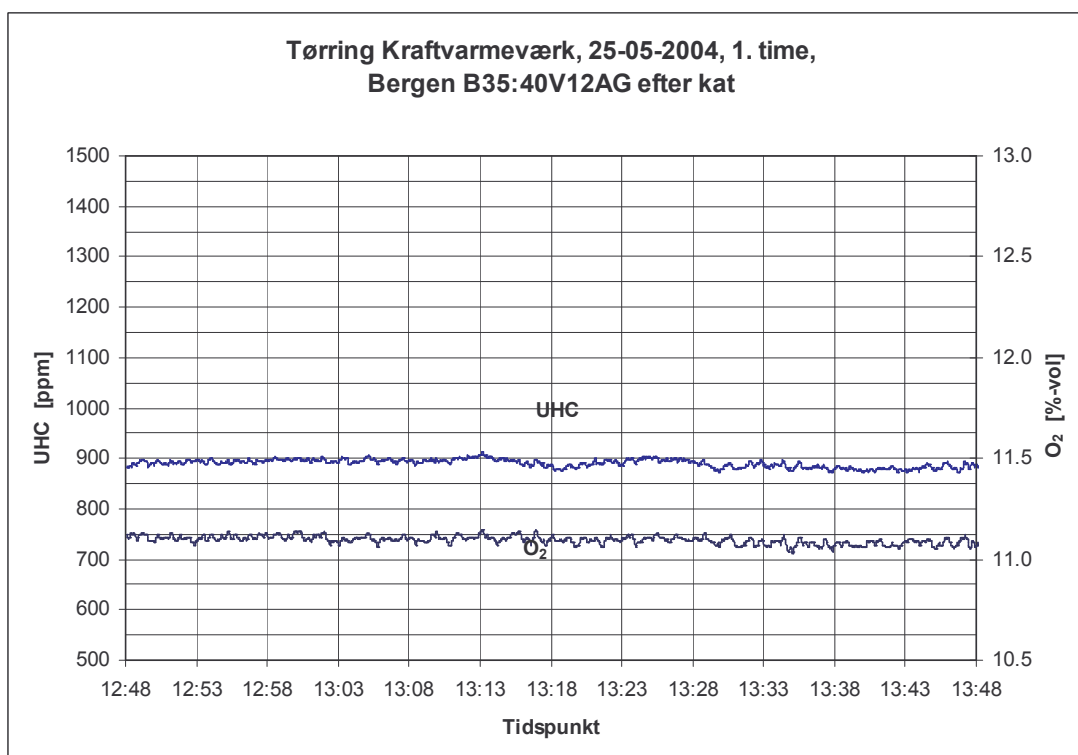
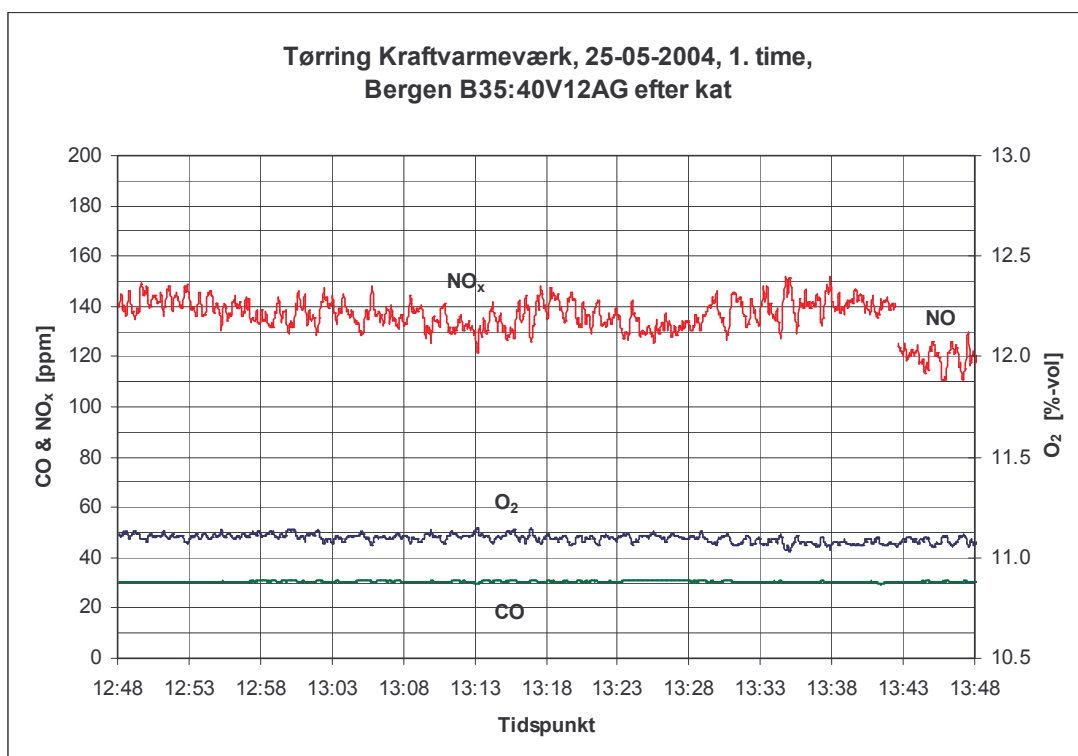
Temperatur, udendørs²⁾	[°C]	13
Relativ fugtighed, udendørs²⁾	[% RH]	45 – 56
Barometerstand²⁾	[hPa]	1007
Temperatur, motorcelle²⁾	[°C]	24 – 27
Fugtighed, motorcelle²⁾	[% RH]	21 – 28
Udst. temp, før turbolader A/B¹⁾	[°C]	555/558
Forkammergastryk¹⁾	[bar]	2,86
Hovedgastryk¹⁾	[bar]	3,08
Ladelufttryk¹⁾	[bar]	2,47
Ladelufttemp.¹⁾	[°C]	52

1) Baseret på de på værket installerede målere / SRO-anlæg

2) Aflæst på DGC's medbragte måleinstrumenter

Måleværdier, grafisk præsentation, før katalysator

Måleværdier, grafisk præsentation, efter katalysator



Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger før katalysator

Tørring Kraftvarmeværk / 25-05-2004

1. time

Bergen B35:40V12AG før kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	17	
O₂-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.1
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	17
Liniaritet:	± 0.2 % abs.		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3
O ₂ -effekt ved omregning: ± (1 - (20.95-O ₂ mid.)/(20.95-O ₂ min.))*100 ± % rel. 2.9			
CO-måling (Hartmann & Braun. URAS 14):			
Måleområde, fs *):	± 0.5 % fs	ppm	260
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	ppm	1990
Liniaritet:	± 1 % fs	t rum °C	17
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	22.9
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	24.1
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):			
Måleområde, fs:	± 1 % fs	ppm	129
Grund-usikkerhed:	± 2% rel.	ppm	250
Temperatur:	± 1 % fs	t rum °C	17
Liniaritet:	± 1 % fs		
NO		NO ppm	95
NO ₂ konvertering:	- 0.03*NO ₂ ppm ± 0.03*NO ₂ ppm abs.	NO ₂ ppm	33
Tværfølsomhed CO ₂ :	- 0.1*CO ₂ % ± 0.1 % rel.		5.7
Tværfølsomhed H ₂ O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	td °C	2.5
Tværfølsomhed NH ₃ :	+0.6*NH ₃ ppm ± 0.2*NH ₃ ppm % abs.	NH ₃ ppm	0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
NOx korrigeret:		ppm	130.9
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.3
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	6.6
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)	ppm	929
Grund-usikkerhed:	± 2 % rel.	ppm	2500
Temperatur:	± 1 % fs	t rum °C	17
Liniaritet:	± 1 % fs		
Repetérbarhed:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	50.6
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	57.6
UHC i % af indfyret		% af indf.	1.63
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	6.14
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.10

525 mg/m³n ved 5%O₂46 mg/m³n ved 5%O₂49 mg/m³n ved 5%O₂437 mg/m³n ved 5%O₂18 mg/m³n ved 5%O₂22 mg/m³n ved 5%O₂804 mg C/m³n ved 5%O₂44 mg C/m³n ved 5%O₂50 mg C/m³n ved 5%O₂

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Tørring Kraftvarmeværk / 25-05-2004

1. time

Bergen B35:40V12AG efter kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	18	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	1.8	
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	0.3	
Liniaritet:	± 0.2 % abs.	1.8	
Samlet usikkerhed:	±vol.%	0.3	
O2-effekt ved omregning:	± (1 - (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.	3.0
CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):	ppm	29	59 mg/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	249	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs	4.3	
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	0.3	
Liniaritet:	± 1 % fs	8.5	
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	2.8	6 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	3.0	6 mg/m ³ n ved 5%O ₂
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):			
Måleområde, fs:	ppm	137	
	ppm	250	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs	1.8	
Temperatur:	± 2% rel.	2.0	
Liniaritet:	± 1 % fs	1.8	
NO	NO ppm	119	
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ±0.03*NO2ppm abs.	18	0.4
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.	5.7	0.1
Tværfølsomhed H2O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	2.5	0.5
Tværfølsomhed NH3:	+0.6*NH3ppm ± 0.2*NH3ppm % abs.	0	0.0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
NOx korrigeret:	ppm	138.3	462 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	5.4	18 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	6.8	23 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	ppm	889	768 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)	2.8	
Temperatur:	± 2 % rel.	2.0	
Liniaritet:	± 1 % fs	2.8	
Repetérbarhed:	± 1 % fs	2.8	
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	50.1	43 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	56.6	49 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret	% af indf.	1.56	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	6.31	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.10	