

Miljødokumentation af
aldehydkatalysatorer
2. måling på Jetsmark Energiværk

Revideret målerapport 725.40

August 2004

Jenbacher J620 GS E11

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

2. måling på Jetsmark Kraftvarmeværk

Jenbacher J620 GS E11

Henrik Andersen og Steen Andersen

Titel : Jetsmark Energiværk

Rapport kategori : Revideret målerapport

Forfatter : Henrik Andersen og Steen Andersen

Dato for udgivelse : 25.08.2004

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40;
H:\725\40-formaldehyd
kat\HAN_SDA\Målerapporter\Jetsmark2_revideret\RevideretJetsmark180504.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 18.05.2004 udført energi- og miljømåling på en Jenbacher J620 GS E11 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet ”Dokumentation af formaldehydkatalysatorer”.

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.

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)
- CO₂

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

- Aldehyder
- Olieemission
- Lugt

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

I Tabel 1a og 1b er angivet timemiddelværdier for CO-, NO_x-, UHC- (uforbrændt kulbrinte) og CO₂-emissioner. Værdierne refererer til tør røggas.

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

		Gennemsnit, middelværdier før katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,3 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	716 ± 53 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	375 ± 21 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1340 ± 67 ³⁾
CO ₂	[%-vol.]	5,4 ± 0,2

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.]	11,2 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	20 ± 6 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	403 ± 21 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1264 ± 65 ³⁾
CO ₂	[%-vol.]	5,5 ± 0,2

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	70,55	± 5,23
Acetaldehyd	4,60	± 0,34
Acrolein ²⁾	-	-
Propanal	0,40	± 0,03
Acetone	0,37	± 0,03
Butanal ³⁾	-	-
Pentanal ³⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd	0,069	0,005

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	35,19	± 2,61
Acetaldehyd	1,92	± 0,14
Acrolein ²⁾	-	-
Propanal	0,13	± 0,01
Acetone	0,11	± 0,01
Butanal ³⁾	-	-
Pentanal ³⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd	0,008	± 0,001

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.

Tabel 3 Resultater for olieemissionsmåling

		Prøve 1	Prøve 2
Før katalysator	[mg/m ³ n]	10,6	- 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.

Der er udtaget lugtprøver som dobbeltbestemmelse før og efter katalysator. I tabel 4 ses resultater af lugtmålingerne.

Tabel 4 Lugtmåleresultater

		Prøve 1	Prøve 2	Middel
Før katalysator	[LE/m ³ (20°C)]	10600	11200	10900
Efter katalysator	[LE/m ³ (20°C)]	7200	3300	5250

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 18.05.2004 udført energi- og miljømåling på en Jenbacher J620 GS E11 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.

Jetsmark Energiværk var under målingerne repræsenteret ved Henrik Sjølund.

4 Anlægsbeskrivelse

For anlægsbeskrivelse henvises til rapport af 29.03.2004 vedrørende 1. måling på Jetsmark energiværk.

4.1 Data for gasmotor

Gasmotor:

Driftstimetotal, motor: 7356

Driftstimetotal, katalysator: 1481

Idriftsættelse: Februar 2003

Tændvinkel: 21,5° FTDP

5 Måleresultater

5.1 Emission

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

Timemiddelværdier for emissionsmålingerne fremgår af tabel 5. Alle anførte måleværdier refererer til tør røggas. Måleværdierne er vist grafisk på side 13 – 14.

Tabel 5 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	11,3 ± 0,3	11,2 ± 0,3
CO	[ppm]	347 ± 24	10 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	110 ± 6	119 ± 5
UHC ²⁾	[ppm]	1514 ± 61	1436 ± 60
CO ₂	[%-vol.]	5,4 ± 0,2	5,5 ± 0,2

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 45%-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 91%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 409°C og ca. 51°C efter.

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

5.2 Øvrige driftsdata

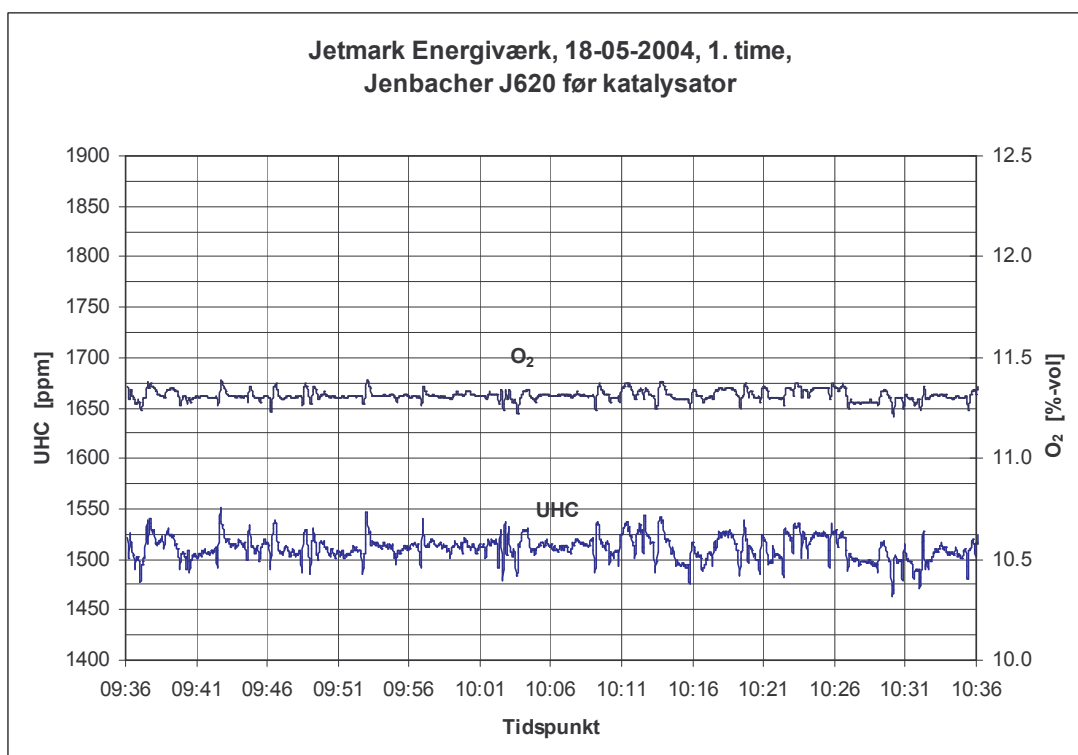
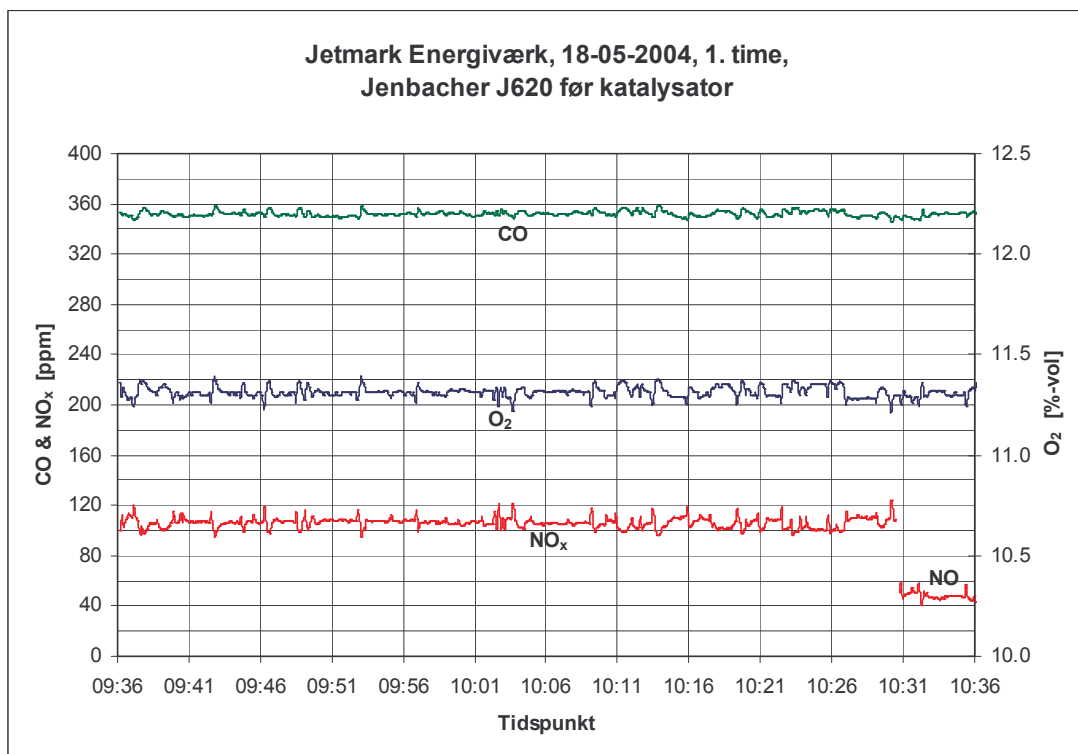
I Tabel 6 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

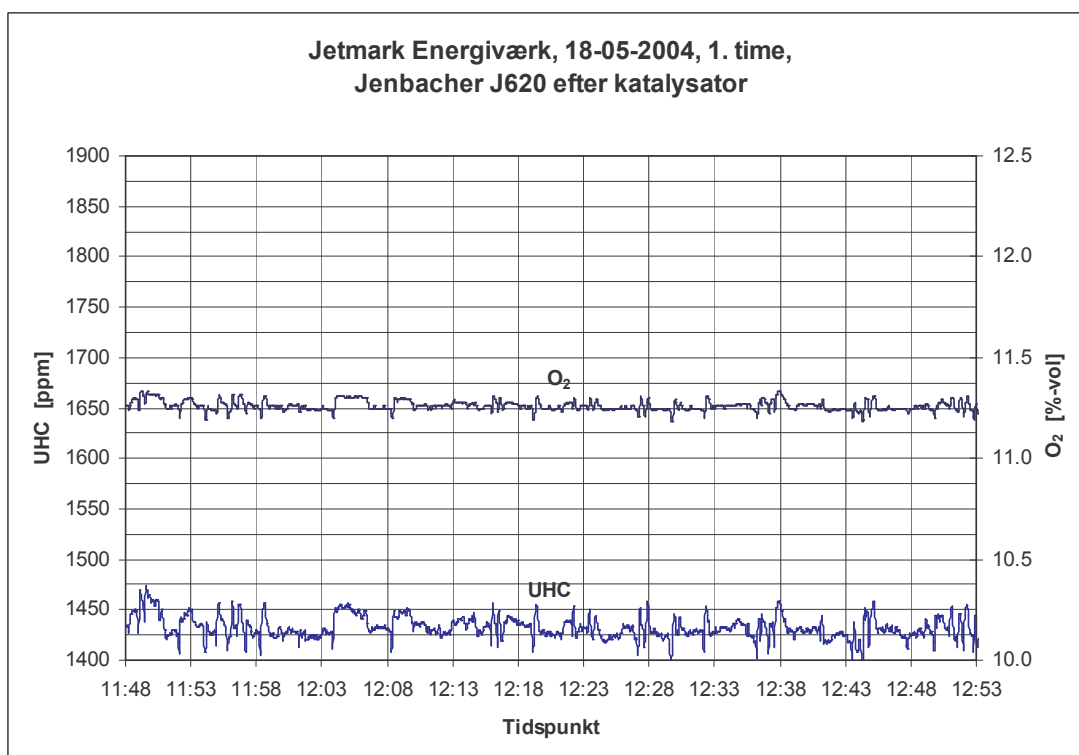
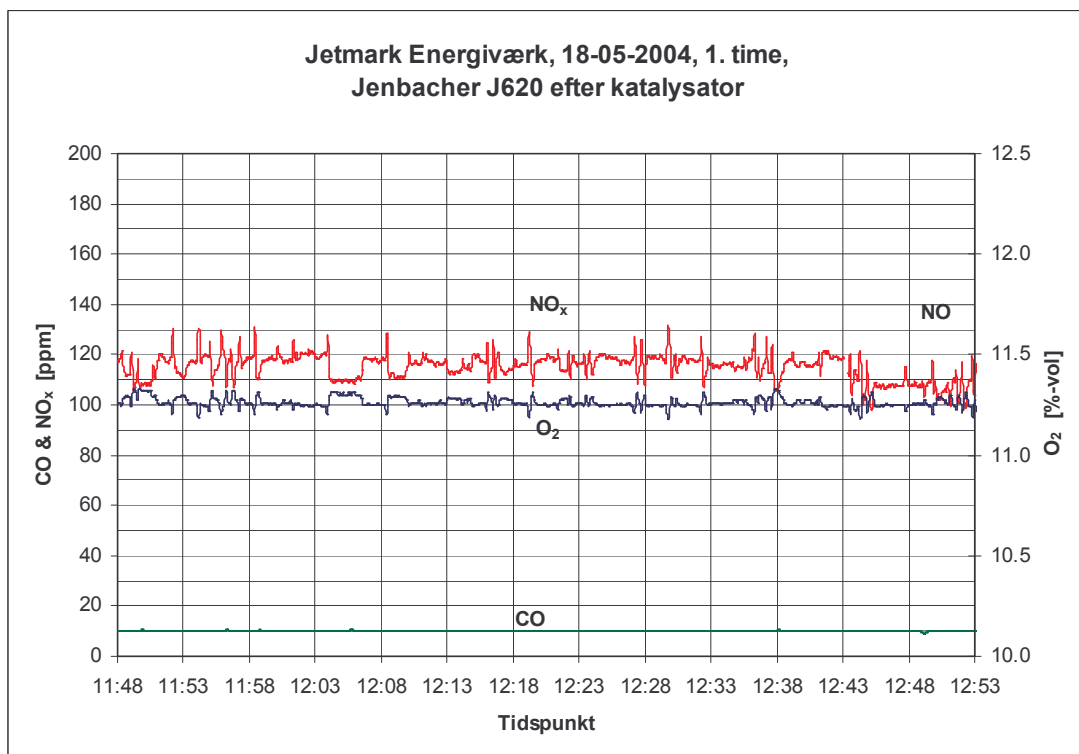
Tabel 6 Supplerende målinger

Temperatur, udendørs²⁾	[°C]	14
Relativ fugtighed, udendørs²⁾	[% RH]	65,6
Barometerstand²⁾	[hPa]	1016
Aktuel last	[kW]	2734
Kølevandstemp.¹⁾	[°C]	85
Kølevandstryk¹⁾	[bar]	1,4
Smøreolietemp.¹⁾	[°C]	66
Smøreolietryk¹⁾	[bar]	4,1
Blandingstemp.¹⁾	[°C]	42
Ladelufttryk¹⁾	[bar]	3,3
Mixerposition¹⁾	[%]	43
Udstødsgennemsnit¹⁾	[°C]	452

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

Jetmark Energiværk / 18-05-2004

1. time

Jenbacher J620 før katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	20		
O₂-måling (Servomex 572):				
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	11.3	1.8
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	21	0.2
Liniaritet:	± 0.2 % abs.			1.8
Samlet usikkerhed:		±vol.%		0.3
O ₂ -effekt ved omregning: ± (1 - (20.95-O ₂ mid.)/(20.95-O ₂ min.))*100 ± % rel. 3.0				
CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):				
Måleområde, fs *):		ppm	347	
		ppm	1990	716 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs			2.9
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	21	0.2
Liniaritet:	± 1 % fs			5.7
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	23.3	48 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	25.6	53 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	107	
		ppm	250	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs			2.3
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	21	2.0
Liniaritet:	± 1 % fs			2.3
NO		NO ppm	48	
NO ₂ konvertering:	- 0.03*NO ₂ ppm ±0.03*NO ₂ ppm abs.	NO ₂ ppm	59	1.7
Tværfølsomhed CO ₂ :	- 0.1*CO ₂ % ± 0.1 % rel.		5.5	0.1
Tværfølsomhed H ₂ O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	td °C	2.5	0.5
Tværfølsomhed NH ₃ :	+0.6*NH ₃ ppm ± 0.2*NH ₃ ppm % abs.	NH ₃ ppm	0	0.0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
NOx korrigeret:		ppm	109.7	375 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	5.1	18 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	6.1	21 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):				
Måleområde, fs:		ppm	1514	
		ppm	2500	1340 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)			1.7
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	21	2.0
Liniaritet:	± 1 % fs			1.7
Repetérbarhed:	± 1 % fs			1.7
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	60.9	54 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	76.2	67 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret		% af indf.	2.68	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±% relativt	4.94	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret		±%-point	0.13	
CO₂-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):				
Måleområde, fs:		vol.%	5.4	
		vol.%	12	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs			1.1
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	21	0.2
Liniaritet:	± 1 % fs			2.2
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.			2.0
Samlet usikkerhed:		±vol.%		0.2

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Jetmark Energiværk / 18-05-2004

1. time

Jenbacher J620 efter katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	20	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	1.8	
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	0.2	
Liniaritet:	± 0.2 % abs.	1.8	
Samlet usikkerhed:	±vol.%	0.3	
O2-effekt ved omrening:	± (1 - (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.	3.0
CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):	ppm	10	20 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs	12.7	
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	0.2	
Liniaritet:	± 1 % fs	25.4	
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	2.8	6 mg/m ³ n ved 5%O ₂
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spngas			
NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):			
Måleområde, fs:	ppm	117	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs	2.1	
Temperatur:	± 2 % rel.	2.0	
Liniaritet:	± 1 % fs	2.1	
NO	NO ppm	107	
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	10
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.	5.6	0.1
Tværfølsomhed H2O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	td °C	2.5
Tværfølsomhed NH3:	+0.6*NH3ppm ± 0.2*NH3ppm % abs.	NH3 ppm	0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
NOx korrigeret:	ppm	118.6	403 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	5.0	17 mg/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	6.1	21 mg/m ³ n ved 5%O ₂
UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	ppm	1436	1264 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)	1.7	
Temperatur:	± 2 % rel.	2.0	
Liniaritet:	± 1 % fs	1.7	
Repeterbarhed:	± 1 % fs	1.7	
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	59.4	52 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	73.4	65 mg C/m ³ n ved 5%O ₂
UHC i % af indfyret	% af indf.	2.54	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	5.03	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.13	
CO2-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs:	vol.%	5.5	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs	1.1	
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	0.2	
Liniaritet:	± 1 % fs	2.2	
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.	2.0	
Samlet usikkerhed:	±vol.%	0.2	

Modificeret 20. Oktober 2000 af LJA.