

Miljødokumentation af  
aldehydkatalysatorer  
5. måling på Jetsmark Energiværk

Målerapport 725.40

September 2005

Jenbacher J620 GS E11

# Miljødokumentation af aldehydkatalysatorer

## 5. måling på Jetsmark Kraftvarmeværk

Jenbacher J620 GS E11

Steen Andersen

Titel : Jetsmark Energiværk

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Steen Andersen

Dato for udgivelse : 29.09.2005

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; H:\725\40-formaldehyd  
kat\HAN\_SDA\Målerapporter\Jetsmark5\Jetsmark110805.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.....	7
3 Opgavebeskrivelse .....	8
4 Anlægsbeskrivelse .....	9
4.1 Data for gasmotor .....	9
5 Måleresultater .....	10
5.1 Emission.....	10
5.2 Øvrige driftsdata .....	11

## 1 Udførte målinger og resultater

Dansk Gasteknisk Center a/s (DGC) har den 11.08.2005 udført miljømåling på en Jenbacher J620 GS E11 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet "Dokumentation af formaldehydkatalysatorer".

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:

- O<sub>2</sub>
- CO
- NO (kortidsmåling)
- NO<sub>x</sub> (summen af NO og NO<sub>2</sub>)
- UHC (uforbrændt kulbrinte)

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

- Aldehyder

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

I Tabel 1a og 1b er angivet timemiddelværdier for CO-, NO<sub>x</sub>- og UHC-emissioner (uforbrændt kulbrinte). Værdierne refererer til tør røggas.

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

		<b>Gennemsnit, middelværdier før katalysator</b>
O <sub>2</sub>	[%-vol.]	11,4 ± 0,3
CO <sup>1)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	895 ± 58 <sup>3)</sup>
NO <sub>x</sub> <sup>1)2)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	247 ± 15 <sup>3)</sup>
UHC <sup>1)4)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	1598 ± 77 <sup>3)</sup>

1) Omregnet til 5%-vol. O<sub>2</sub>

2) NO + NO<sub>2</sub>, NO vægtmæssigt regnet som NO<sub>2</sub>

3) Inkl. usikkerhed på iltmåling

4) Total kulbrinte, C-ækvivalent

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

		<b>Gennemsnit, middelværdier efter katalysator</b>
O <sub>2</sub>	[%-vol.]	11,4 ± 0,3
CO <sup>1)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	24 ± 6 <sup>3)</sup>
NO <sub>x</sub> <sup>1)2)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	262 ± 12 <sup>3)</sup>
UHC <sup>1)4)</sup>	[mg/m <sup>3</sup> n]	1511 ± 74 <sup>3)</sup>

1) Omregnet til 5%-vol. O<sub>2</sub>

2) NO + NO<sub>2</sub>, NO vægtmæssigt regnet som NO<sub>2</sub>

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*

	<b>Emission<sup>1)</sup></b>	<b>Usikkerhed</b>
	<b>Middel</b>	
	[mg/m <sup>3</sup> n]	[mg/m <sup>3</sup> n]
Formaldehyd	80,59	± 5,98
Acetaldehyd	6,68	± 0,50
Acrolein	0,231	± 0,017
Propanal	0,413	± 0,031
Acetone	0,451	± 0,033
Butanal <sup>2)</sup>	-	-
Pentanal <sup>2)</sup>	-	-
Hexanal <sup>3)</sup>	-	-
Benzaldehyd <sup>2)</sup>	-	-

1) Tør røggas, korrigeret til 5%-vol O<sub>2</sub>.

2) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

3) Under detektionsgrænsen

*Tabel 2b Analyseresultater af aldehyd i røggas efter katalysator*

	<b>Emission<sup>1)</sup></b>	<b>Usikkerhed</b>
	<b>Middel</b>	
	[ mg/m <sup>3</sup> n ]	[ mg/m <sup>3</sup> n ]
Formaldehyd	38,62	± 2,86
Acetaldehyd	2,83	± 0,21
Acrolein	0,027	± 0,002
Propanal	0,163	± 0,012
Acetone	0,337	± 0,025
Butanal <sup>2)</sup>	-	-
Pentanal <sup>2)</sup>	-	-
Hexanal <sup>3)</sup>	-	-
Benzaldehyd <sup>2)</sup>	-	-

1) Tør røggas, korrigeret til 5%-vol O<sub>2</sub>.

2) Kan ikke detekteres pga. interfererende top

3) Under detektionsgrænsen

## 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 11.08.2005 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 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: 12237

Driftstimetotal, katalysator: 6362

Idriftsættelse: Februar 2003 (katalysator isat februar 2004)

Tændvinkel: 20,4 – 20,8° FTDP (varierer under drift)

## 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 12 – 13.

Tabel 5 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O <sub>2</sub>	[%-vol.]	11,4 ± 0,3	11,4 ± 0,3
CO	[ppm]	429 ± 25	11 ± 3
NO <sub>x</sub> <sup>1)</sup>	[ppm]	72 ± 4	76 ± 3
UHC <sup>2)</sup>	[ppm]	1785 ± 67	1687 ± 65

1) NO + NO<sub>2</sub>.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 25%-vol. af NO<sub>x</sub> (korttidsmåling) før katalysator og ca. 88%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 401°C og ca. 53°C efter.

Bestemmelse af usikkerhed for målingerne fremgår af usikkerhedsbudgetter side 14 - 15.

## 5.2 Øvrige driftsdata

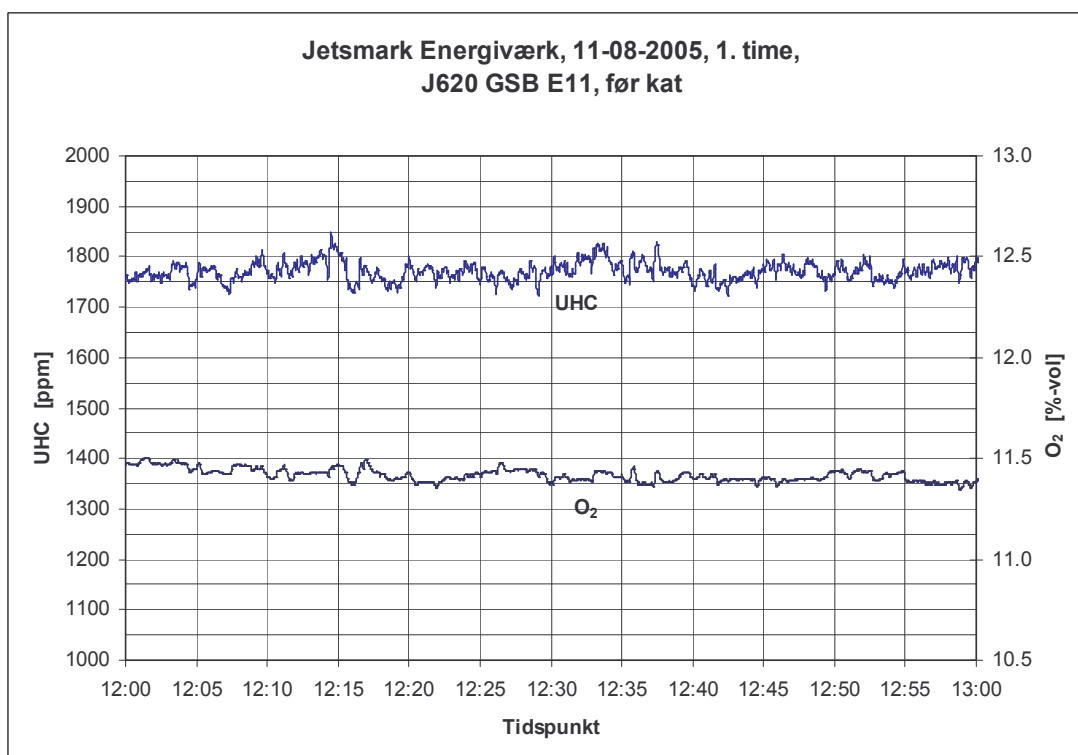
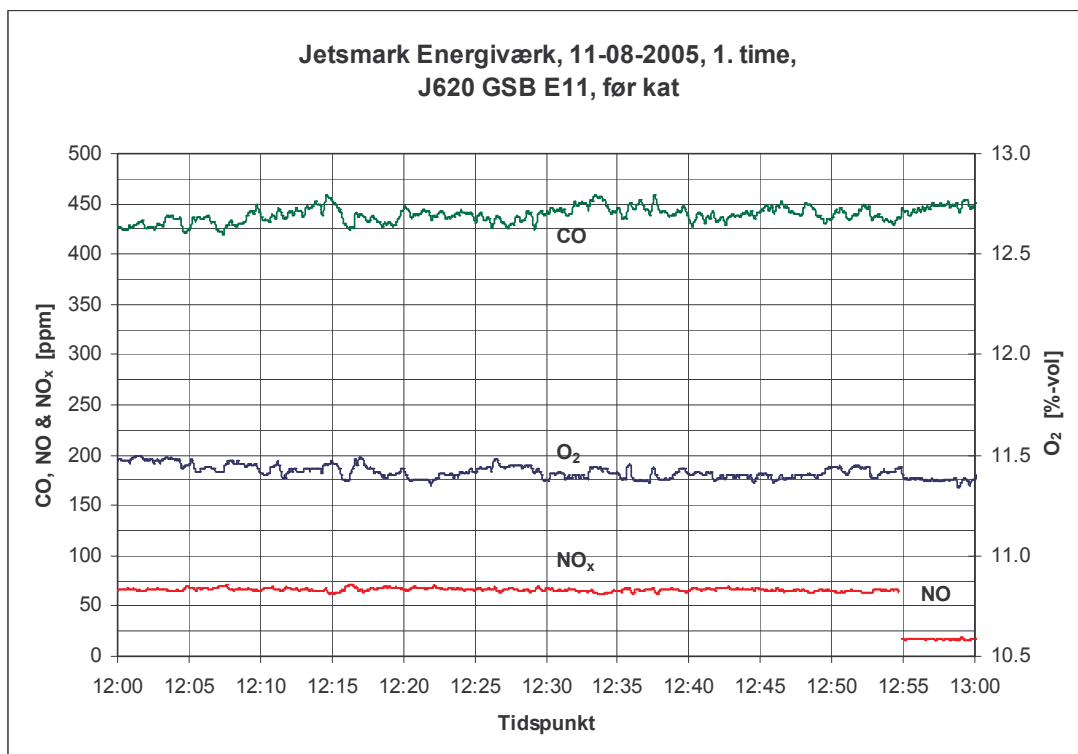
I Tabel 6 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

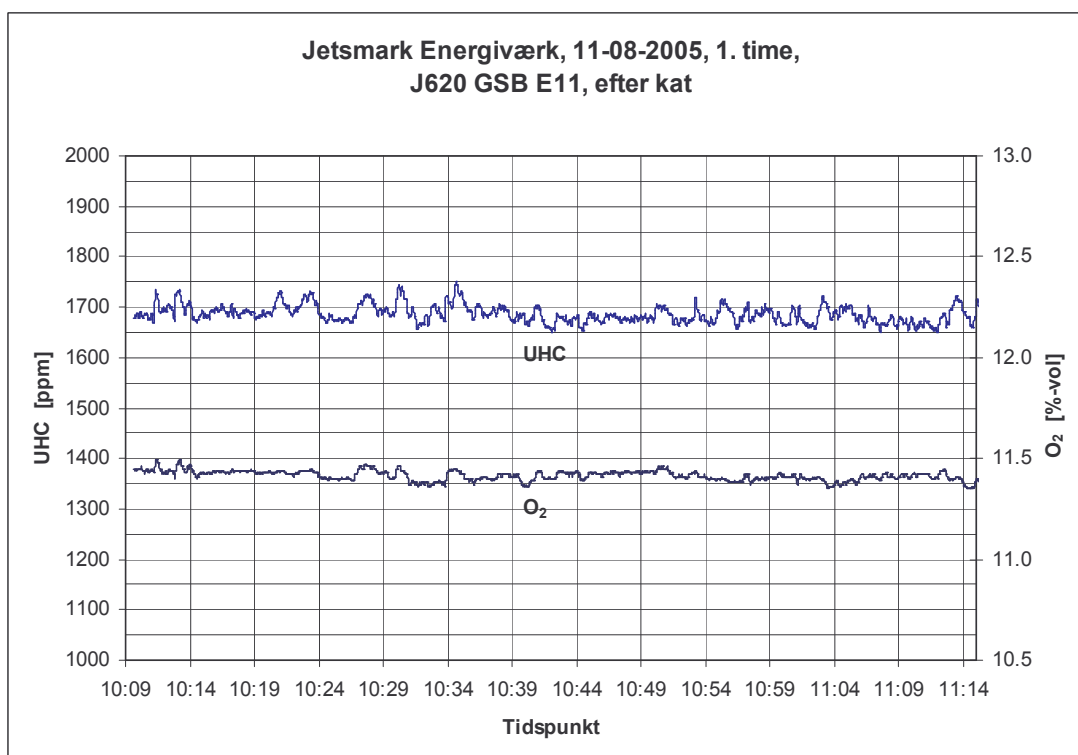
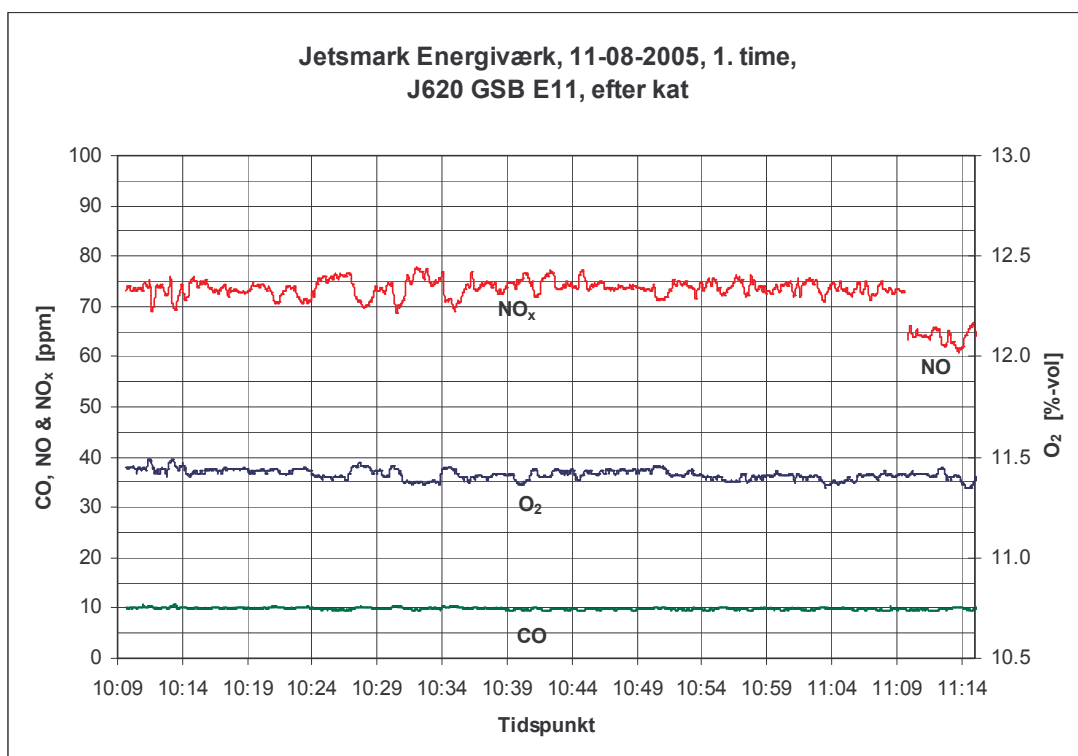
Tabel 6 Supplerende målinger

Temperatur, udendørs <sup>2)</sup>	[°C]	20
Relativ fugtighed, udendørs <sup>2)</sup>	[% RH]	71 – 83
Barometerstand <sup>2)</sup>	[hPa]	1001
Temperatur, motorcelle <sup>2)</sup>	[°C]	37
Relativ fugtighed, motorcelle <sup>2)</sup>	[% RH]	27
cos $\phi$	-	0,98
Aktuel last	[kW]	2740
Kølevandstemp. <sup>1)</sup>	[°C]	84
Kølevandstryk <sup>1)</sup>	[bar]	1,5
Smøreolietemp. <sup>1)</sup>	[°C]	66
Smøreolietryk <sup>1)</sup>	[bar]	4,1
Blandingstemp. <sup>1)</sup>	[°C]	44
Ladelufttryk <sup>1)</sup>	[bar]	3,4
Mixerposition <sup>1)</sup>	[%]	46
Udstødsgennemsnit <sup>1)</sup>	[°C]	458
$\Delta p$ katalysator	mbar	880 - 920

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

Jetsmark Energiværk / 11-08-2005

1. time

J620 GSB E11, før kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	24	
<b>O2-måling (Servomex 572):</b>			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.% 11.4	1.8
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C 26	0.4
Linieritet:	± 0.2 % abs.		1.8
Samlet usikkerhed:	±vol.%		0.3
O2-effekt ved omregning:	± (1- (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.	3.1
<b>CO-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs *):	ppm	429	895 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	2040	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		2.4
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C 26	0.6
Linieritet:	± 1 % fs		4.8
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	24.5	51 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	27.9	58 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
<b>NOx-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	68	
	ppm	100	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		1.5
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 26	2.0
Linieritet:	± 1 % fs		1.5
NO	NO ppm	17	
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ±0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm	51
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		5.5
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	71.5	247 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm	3.7	13 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	4.3	15 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
<b>UHC-måling (AAL, 523):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	1785	1598 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)		1.4
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 26	2.0
Linieritet:	± 1 % fs		1.4
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.4
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	66.5	60 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm	86.5	77 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
UHC i % af indfyret	% af indf.	3.19	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.74	
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.15	

## Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Jetsmark Energiværk / 11-08-2005

1. time

J620 GSB E11, efter kat

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

	Værdi:	Bidrag:	Korrigeret værdi:
Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	24	
<b>O2-måling (Servomex 572):</b>			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.% 11.4	1.8
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C 24	0.1
Linieritet:	± 0.2 % abs.		1.8
Samlet usikkerhed:	±vol.%		0.3
O2-effekt ved omregning:	± (1- (20.95-O2 mid.)/(20.95-O2min.))*100	± % rel.	3.1
<b>CO-måling (Hartmann &amp; Braun, URAS 14):</b>			
Måleområde, fs *):	ppm	11	24 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	249	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		11.0
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal ) % rel.	t rum °C 24	0.1
Linieritet:	± 1 % fs		22.0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm		2.8
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		2.8
*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spangas			
<b>NOx-måling (Thermo Environmental Corp. 42CHL):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	74	
	ppm	100	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		1.3
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 24	2.0
Linieritet:	± 1 % fs		1.3
NO		NO ppm 65	
NO2 konvertering:	- 0.05*NO2ppm ±0.05*NO2ppm abs.	NO2 ppm 10	0.7
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		0.1
Tværfølsomhed H2O:	- 0.5*(0.6+0.06*td)% ± 0.5 % rel.	td °C 2.5	0.5
Tværfølsomhed NH3:	+0.6*NH3ppm ± 0.2*NH3ppm % abs.	NH3 ppm 0	0.0
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
NOx korrigeret:	ppm	75.7	262 mg/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm		2.7
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		3.5
<b>UHC-måling (AAL, 523):</b>			
Måleområde, fs:	ppm	1687	1511 mg C/m <sup>3</sup> n ved 5%O <sub>2</sub>
	ppm	2500	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min.± 1 ppm)		1.5
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C 24	2.0
Linieritet:	± 1 % fs		1.5
Repetérbarhed:	± 1 % fs		1.5
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		2.0
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		64.4
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		82.5
UHC i % af indfyret	% af indf.		3.02
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt		4.79
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point		0.14