

Miljødokumentation af
aldehydkatalysatorer
3. måling på Gartneriet Hjortebjerg

Målerapport 725.40

Marts 2005

Caterpillar G 3520

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 Gartneriet Hjortebjerg

Caterpillar G 3520

Steen Andersen

Titel : Gartneriet Hjortebjerg

Rapport kategori : Målerapport

Forfatter : Steen Andersen

Dato for udgivelse : 10.03.2005

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 725.40; H:\725\40-formaldehyd
kat\HAN_SDA\Målerapporter\Hjortebjerg3\Hjortebjerg090205.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 09.02.2005 udført miljømåling på en Caterpillar G3520 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet "Dokumentation af formaldehydkatalysatorer".

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

Der er udført emissionsmålinger før og efter katalysator af hver en times varighed ved fuldlastdrift.

Emissionsmålingerne 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
- Lugt
- Olieemission

Røggasudtaget før katalysator er placeret i katalysatorhus umiddelbart inden katalysatorelementet, røggasudtaget 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- 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.]	9,3 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	874 ± 49 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	550 ± 26 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1417 ± 63 ³⁾
CO ₂	[%-vol.]	6,8 ± 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.]	9,1 ± 0,3
CO ¹⁾	[mg/m ³ n]	10 ± 5 ³⁾
NO _x ¹⁾²⁾	[mg/m ³ n]	579 ± 24 ³⁾
UHC ¹⁾⁴⁾	[mg/m ³ n]	1251 ± 56 ³⁾
CO ₂	[%-vol.]	6,9 ± 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	123,49	± 9,11
Acetaldehyd	5,05	± 0,37
Acrolein	0,51	± 0,04
Propanal	0,12	± 0,01
Acetone	0,24	± 0,02
Butanal ²⁾	-	-
Pentanal ²⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ²⁾	-	-

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

2) 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	12,79	+/- 0,94
Acetaldehyd	0,76	+/- 0,06
Acrolein	0,008	± 0,001
Propanal	0,035	+/- 0,003
Acetone	0,163	+/- 0,012
Butanal ²⁾	-	-
Pentanal ²⁾	-	-
Hexanal ²⁾	-	-
Benzaldehyd ²⁾	-	-

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

2) Kan ikke detekteres pga. interfererende top.

Der er udtaget prøver for olieemission som dobbeltbestemmelse før og efter katalysator. Som det fremgår af tabel 3, blev der ikke fundet olieemission i prøverne.

Tabel 3 Resultater for olieemissionsmåling

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

1) Under detektionsgrænsen

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)]	12700	7900	10300
Efter katalysator	[LE/m ³ (20°C)]	6100	5800	5950

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 09.02.2005 udført miljømåling på en Caterpillar G3520 gasmotor. Målingerne er udført som en del af projektet "Dokumentation af formaldehydkatalysatorer".

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

Gartneriet Hjortebjerg var under målingerne repræsenteret ved Steen Thomsen.

Denne målerapport er kvalitetssikret af Henrik Andersen, Dansk Gasteknisk Center a/s.

4 Anlægsbeskrivelse

For anlægsbeskrivelse henvises til rapport af 21.06.2004.

4.1 Data for gasmotor

Gasmotor:

Driftstimetotal, motor: 10031

Driftstimetotal, katalysator: 2383

Idriftsættelse: Motor 2002, katalysator maj 2004

5 Måleresultater

5.1 Emission

Røggasudtaget før katalysator er placeret i katalysatorhus umiddelbart inden katalysatorelementet, røggasudtaget efter katalysator er placeret efter lyd-dæmper 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 12 – 13.

Tabel 4 Emissionsmiddelværdier for gasmotor

		middelværdi før katalysator	middelværdi efter katalysator
O ₂	[%-vol.]	9,3 ± 0,3	9,1 ± 0,3
CO	[ppm]	513 ± 26	6 ± 3
NO _x ¹⁾	[ppm]	195 ± 8	207 ± 7
UHC ²⁾	[ppm]	1939 ± 70	1729 ± 66
CO ₂	[%-vol.]	6,8 ± 0,2	6,9 ± 0,2

1) NO + NO₂.

2) Total kulbrinte, metanækvivalent.

NO udgjorde ca. 34%-vol. af NO_x (korttidsmåling) før katalysator og ca. 86%-vol. efter katalysator. Røggastemperaturen ved målepunktet før katalysator 455 °C og ca. 93 °C efter.

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

5.2 Øvrige driftsdata

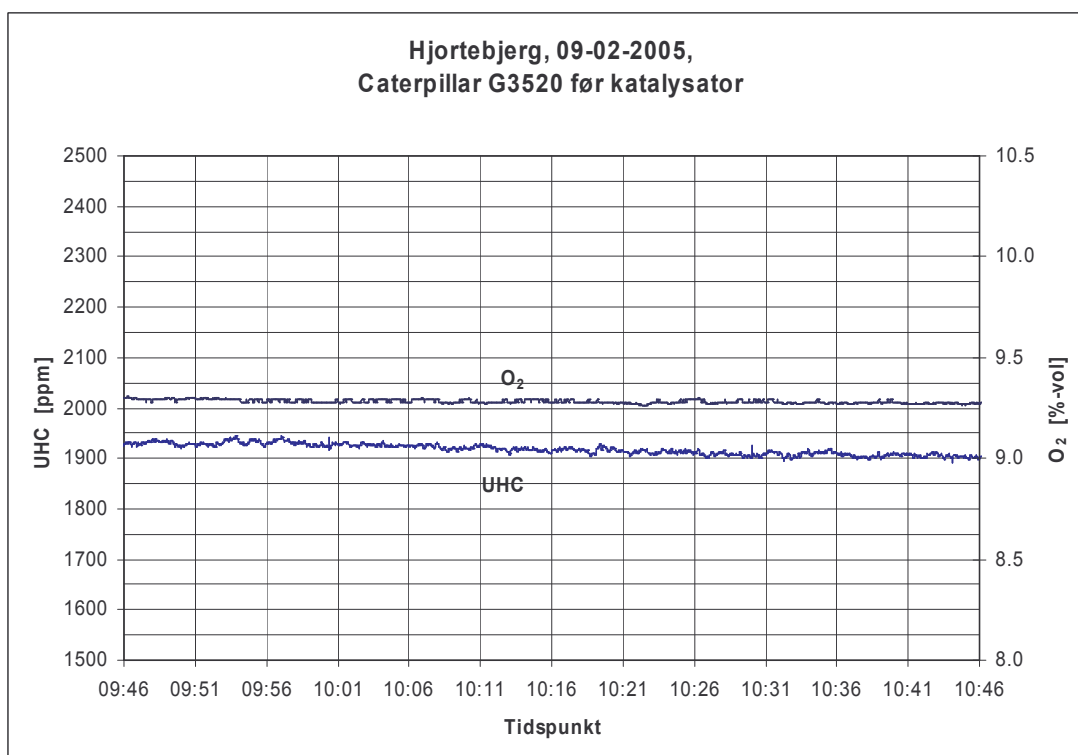
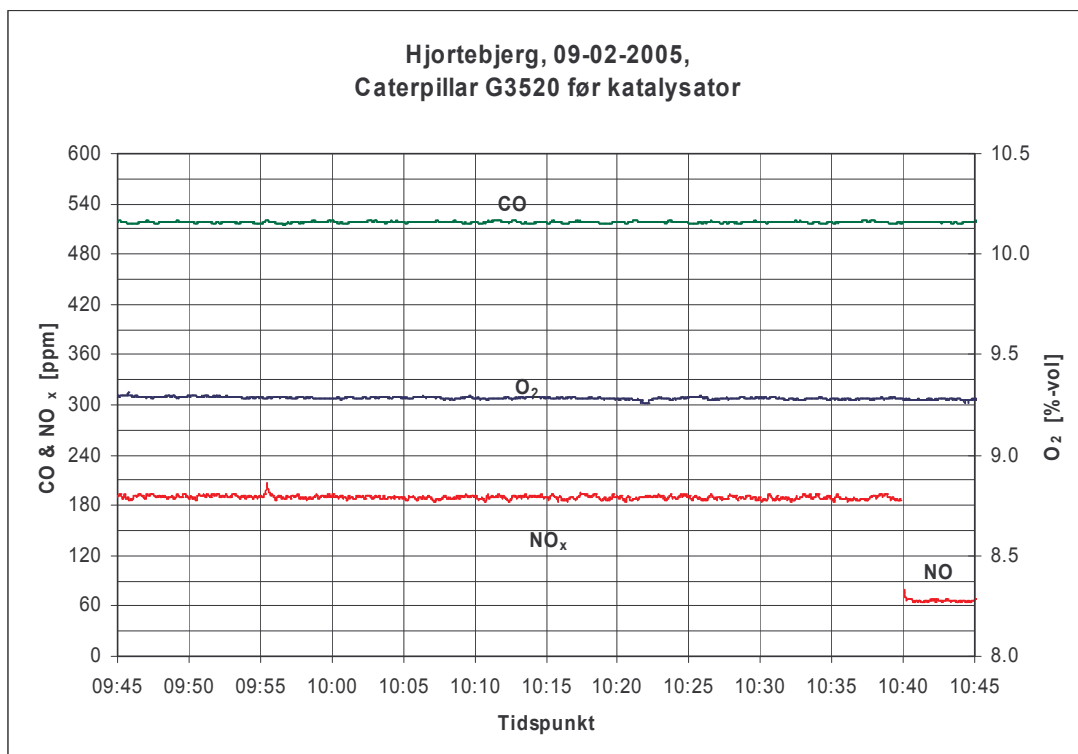
I Tabel 6 er anført en række andre data for anlæggets drift under målingen.

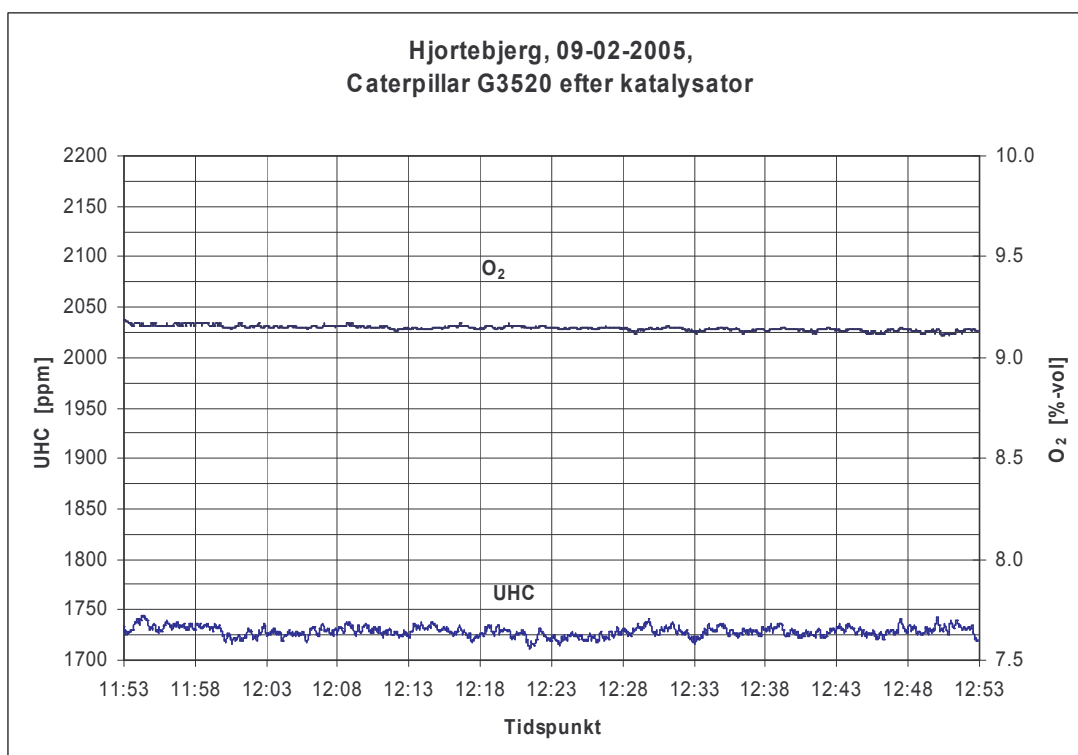
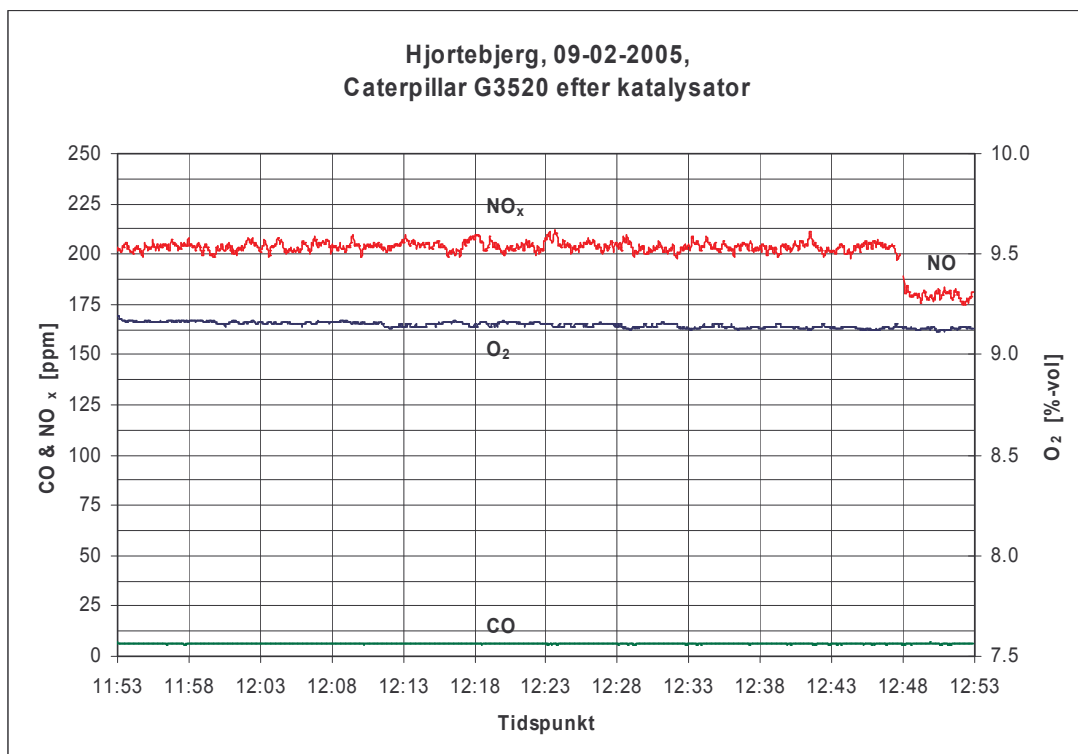
Tabel 6 Supplerende målinger

Temperatur, udendørs²⁾	[°C]	2 – 4
Relativ fugtighed, udendørs²⁾	[% RH]	63 – 79
Barometerstand²⁾	[hPa]	1024
Temperatur, motorcelle²⁾	[°C]	27
Fugtighed, motorcelle²⁾	[% RH]	15
el-last	[kW]	1891 – 1918
varmelast	[kW]	2236 – 2306
Smøreolietryk	[bar]	4,8
Smøreolietemp.	[°C]	90
Gas-/luft-temp	[°C]	37
Udstødtemp. (højest/lavest)	[°C]	581 / 563
Temp. fremløb / retur	[°C]	93,7 / 58,5
Trykfald over katalysator	[Pa]	700 – 730

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

Hjortebjerg / 09-02-2005

1. time

Caterpillar G3520 før katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	26	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	9.3
Temperatur:	± (0.05+0.2* $\sqrt{t \text{ rum-t cal}}$) % rel.	t rum °C	22
Liniaritet:	± 0.2 % abs.		2.2
	t cal °C, vol.%, □		
Samlet usikkerhed:		±vol.%	0.3

O2-effekt ved omregning: $\pm (1 - (20.95 - O_2 \text{ mid.}) / (20.95 - O_2 \text{ min.})) * 100$ ± % rel. 2.6

CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):		ppm	513
		ppm	2040
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		2.0
Temperatur:	± (0.3* $\sqrt{t \text{ rum-t cal}}$) % rel.	t rum °C	22
Liniaritet:	± 1 % fs		1.1
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		4.0
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	25.7
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	28.8

874 mg/m³n ved 5%O₂44 mg/m³n ved 5%O₂49 mg/m³n ved 5%O₂

*) Måleområdet er sat til koncentrationen i den anvendte spngas

NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):			
Måleområde, fs:		ppm	189
		ppm	250
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs		1.3
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	22
Liniaritet:	± 1 % fs		2.0
NO		NO ppm	65
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	124
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		6.7
Tværfølsomhed H2O:	- 0.5*(0.6+0.06* \sqrt{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	194.8
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:		±ppm	7.7
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	9.2

550 mg/m³n ved 5%O₂22 mg/m³n ved 5%O₂26 mg/m³n ved 5%O₂

UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:		ppm	1939
		ppm	2500
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min. ± 1 ppm)		1.3
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	22
Liniaritet:	± 1 % fs		2.0
Repetbarhed:	± 1 % fs		1.3
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		1.3
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	69.9
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:		±ppm	85.8

1417 mg C/m³n ved 5%O₂51 mg C/m³n ved 5%O₂63 mg C/m³n ved 5%O₂

UHC i % af indfyret	% af indf.	2.84
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt	4.35
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point	0.12

CO2-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs:		vol.%	6.8
		vol.%	12
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs		0.9
Temperatur:	± (0.3* $\sqrt{t \text{ rum-t cal}}$) % rel.	t rum °C	22
Liniaritet:	± 1 % fs		1.1
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		1.8
Samlet usikkerhed:		±vol.%	2.0
			0.2

Usikkerhedsberegninger for emissionsmålinger efter katalysator

Hjortebjerg / 09-02-2005

1. time

Caterpillar G3520 efter katalysator

USIKKERHEDSBUDGET VED EMISSIONSMÅLING :

Værdi: Bidrag: Korrigeret værdi:

Temperatur ved kalibrering:	t cal °C	22	
O2-måling (Servomex 572):			
Grund-usikkerhed:	± 0.2 % abs.	vol.%	9.1
Temperatur:	± (0.05+0.2* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	21
Linieritet:	± 0.2 % abs.		
Samlet usikkerhed:	±vol.%		0.3

O2-effekt ved omregning: $\pm (1 - (20.95 - O_2 \text{ mid.}) / (20.95 - O_2 \text{ min.})) * 100$ ± % rel. 2.5

CO-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs *):	ppm	6	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs	ppm	249
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	21
Linieritet:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
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

10 mg/m³n ved 5%O₂5 mg/m³n ved 5%O₂5 mg/m³n ved 5%O₂

NOx-måling (Thermo Environmental Inst., 10 A/R):			
Måleområde, fs:	ppm	204	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs	ppm	250
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	21
Linieritet:	± 1 % fs		
NO		NO ppm	175
NO2 konvertering:	- 0.03*NO2ppm ± 0.03*NO2ppm abs.	NO2 ppm	29
Tværfølsomhed CO2:	- 0.1*CO2% ± 0.1 % rel.		6.8
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.		
NOx korrigeret:	ppm		207.3
Samlet usikkerhed ekskl usikkerhed på iltmåling:	±ppm		7.0
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		8.7

579 mg/m³n ved 5%O₂20 mg/m³n ved 5%O₂24 mg/m³n ved 5%O₂

UHC-måling (AAL, 523):			
Måleområde, fs:	ppm	1729	
Grund-usikkerhed:	± 1 % fs (min. ± 1 ppm)	ppm	2500
Temperatur:	± 2 % rel.	t rum °C	21
Linieritet:	± 1 % fs		
Repeterbarhed:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed ekskl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		65.3
Samlet usikkerhed inkl. usikkerhed på iltmåling:	±ppm		77.9
UHC i % af indfyret	% af indf.		2.51
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±% relativt		4.45
Usikkerhed på UHC i % af indfyret	±%-point		0.11

1251 mg C/m³n ved 5%O₂47 mg C/m³n ved 5%O₂56 mg C/m³n ved 5%O₂

CO2-måling (Hartmann & Braun, URAS 14):			
Måleområde, fs:	vol.%	6.9	
Grund-usikkerhed:	± 0.5 % fs	vol.%	12
Temperatur:	± (0.3* t rum-t cal) % rel.	t rum °C	21
Linieritet:	± 1 % fs		
Kalibreringsgas:	± 2 % rel.		
Samlet usikkerhed:	±vol.%		0.2