



Kund Landskrona Kyrkliga Samfällighet **Krematorieugnen** **Vårt reg nr** ALL-3042
Box 364 **Kvicksilvermätningar** **Datum** 2002
261 23 Landskrona **Sid nr** 1/9

Referens Pål Reijer 0418-574 54

Uppdrag Bestämning av krematorieugnens kvicksilveremissioner till luft. Under fem kremationer bestämdes temperatur och luftflöde samt halten av kvicksilver (gasformigt, stoftbundet och totalt) i utgående rökgaser från krematorieugnen. Vid varje kremation placerades på kistlocket en testampull innehållande 1,6 g tandamalgam, vilket motsvarar 0,82 g kvicksilver, samt en QuickSafe ampull innehållande 9 g selen.

Tid 2002-11-06

Utfört av Örjan Tornberg vid METLAB miljö AB

Innehåll

1. Resultatsammanfattning	1
2. Anläggningsbeskrivning	1
3. Resultat	2
4. Kommentarer	3-4

Bilagor

Diagram	5-6
Mätdata: gasflöde och våtkemisk kvicksilverprovtagning	7-8
Mätmetoder, mätplan och mätförhållanden	9

1. Resultatsammanfattning

		Prov 1	Prov 2	Prov 3	Prov 4	Prov 5	Medel
Tillfört Hg med testampull	g	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Hg i käkamalgam enligt SNV	g	5	5	5	5	5	5
Totalt tillfört Hg (0,82+5 g)	g	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82
Återfunnet enligt våtkemi	g	0,080	0,0012	0,021	0,003	0,025	0,025
Återfinningsgrad, ampull	%	9,7	1,5	2,5	0,4	1,3	3,1
Återfinningsgrad, totalt	%	1,4	0,21	0,35	0,05	0,18	0,44
Återfunnet enligt instrument	g	0,30	0,17	0,17	0,07	0,10	0,162
Återfinningsgrad, ampull	%	36,6	20,7	20,5	8,8	12,8	19,9
Återfinningsgrad, totalt	%	5,2	2,9	2,9	1,2	1,8	2,8

2. Anläggningsbeskrivning

Vid krematoriet i Landskrona utförs omkring 550 kremationer per år. Krematoriet har en ugn med tillhörande efterbrännkammare placerad under ugnsgolvet. Rökgaserna från ugnen passerar en kylslinga av oisolerade stålrör på krematoriets tak innan de emitteras via fläkt och skorsten.

Krematoriet använder QuickSafe-ampullen med selen, som placeras på kistlocket innan kistan förs in i ugnen, för att binda kvicksilver från käkamalgamet som kvicksilverselelid.



3 Resultat

Prov	nr	1	2	3	4	5	Medelvärde
Datum	2002	6/11	6/11	6/11	6/11	6/11	
Provstart	kl	09:28	11:16	13:15	14:50	16:06	
Provstopp	kl	10:28	12:16	14:15	15:50	17:06	
Effektiv provtid	h	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Gasflöde

Hastighet	m/s	6,0	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2
Gasflöde	m ³ /h	2980	3050	3050	3040	3040	3030
Do NTP	m ³ n/h	2010	2000	1850	1930	1960	1950
Do torr gas	m ³ ntg/h	1970	1960	1820	1890	1920	1910

Temperatur	°C	136	149	182	163	158	158
------------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

O ₂ -halt	vol%tg	16,3	15,4	11,6	15,3	16,3	15,0
----------------------	--------	------	------	------	------	------	------

Kvicksilver enligt våtkemi

Hg (g)

Halt i provgas	µg/m ³ ntg	40	5,8	11	1,2	5,1	13
Emission	mg/h	79	11	20	2,3	9,8	25
Do per kremation	g	0,079	0,011	0,020	0,0023	0,0098	0,025

Hg (s)

Halt i provgas	µg/m ³ ntg	0,3	< 0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Emission	mg/h	0,7	< 0,7	0,6	0,7	0,7	0,7
Do per kremation	g	0,0007	< 0,0007	0,0006	0,0007	0,0007	0,0007

Hg (tot)

Halt i provgas	µg/m ³ ntg	40	6,2	11	1,6	5,5	13
Emission	mg/h	80	12	21	3,0	11	25
Do per kremation	g	0,080	0,012	0,021	0,0030	0,011	0,025

Kvicksilver enligt instrument

Hg (g)

Halt i provgas	µg/m ³ ntg	153	87	93	38	55	85
Emission	mg/h	301	170	168	72	105	164
Do per kremation	g	0,30	0,17	0,17	0,072	0,10	0,16

Återfinningsgrad

Tillfört Hg med amalgamampull	g	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Hg i käkamalgam enl. schablon	g	5	5	5	5	5	5
Tillfört Hg inkl. 5 g i käkamalgam	g	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82
Återfunnet enligt våtkemi	g	0,080	0,012	0,021	0,0030	0,011	0,025
Återfinningsgrad, endast ampull	%	9,7	1,5	2,5	0,4	1,3	3,1
Do, totalt tillfört Hg	%	1,4	0,21	0,35	0,05	0,18	0,44
Återfunnet enligt instrument	g	0,30	0,17	0,17	0,072	0,10	0,162
Återfinningsgrad, endast ampull	%	36,6	20,7	20,5	8,8	12,8	19,9
Do, totalt tillfört Hg	%	5,2	2,9	2,9	1,2	1,8	2,8



4. Kommentarer

Driftförhållanden

Mätningarna utfördes under fem på varandra följande normala kremeringar. Vid varje kremering lades på kistlocket en testampull innehållande 1,6 g färdigvibrerat tandamalgam, motsvarande 0,82 g kvicksilver samt en QuickSafe ampull innehållande 9 g selen.

Rökgasflöde

Kontinuerlig bestämning av temperatur och rökgasflöde med termoelement och fast monterat pitotrör redovisas i diagram på sidan 5 samt som medelvärden för respektive prov i resultat-tabellen på sidan 2. Manuella rökgasflödesmätningar med traverserande pitotrör för kalibrering av det fasta pitotröret redovisas på sidan 7. Rökgasens fukthalt har antagits vara 2 vol%.

Kvicksilverprovtagning

Provtagningen utfördes med en uppvärmd glassond typ GVS med kvartsfiterhylsa. Vid utloppet från sonden tillfördes en lösning av tennklorid i saltsyra för att reducera oxiderat kvicksilver till metallisk kvicksilverånga (Hg^0). Gas-vätskeblandningen transporterades sedan via en uppvärmd slang (50 °C) in till instrumentuppställningen, där tennkloridlösningen avskildes i en gas-vätske-separator och uppsamlades i en separat glasflaska för varje prov. Den fuktmättade gasen leddes sedan via en 2 l glasflaska för dämpning av Hg-spikar till en Hg-analysator av fabrikat SEMTECH. Nedströms instrumentet placerades två seriekopplade gastvättflaskor med svavelsur kaliumpermanganat för absorption av kvicksilverånga samt slutligen en drivenhet, med flödesmätare och gasur, vilken sög provgasen genom hela systemet med ett flöde av ca 1 l/min.

Två O_2 -mätare bestämde kontinuerligt O_2 -halten direkt i rökgasen via en separat sond samt efter provtagningssystemet för att kontrollera att inget inläckage av luft förekom under provtagningen. De rapporterade O_2 -halterna i tabellen på sidan 2 avser den direkta O_2 -mätningen.

Den uppvärmda filterhylsan byttes mellan varje kremering. Förutom den kontinuerliga spolning-en med tennklorid utfördes ingen ytterligare sköljning av provtagningssystemets slangar och komponenter.

Samtliga tennkloridlösningar gav kvicksilverhalter mindre än detektionsgränsen vid analys.

Instrumentell Hg-analys

Kontinuerlig bestämning av totalt gasformigt kvicksilver med SEMTECH Hg-analysator samt kemisk konverter redovisas i diagram på sidan 6 samt som medelvärden för respektive prov i resultat-tabellen på sidan 2. Vid samtliga kremeringar erhöles en skarp kvicksilvertopp med start 11-14 minuter efter insättning, sannolikt från den tillförda testampullen. De mera utbredda kvicksilvertoppar som brukar associeras med käkamalgam iaktogs inte under något av proven.

Vid den första kremeringen användes ej det ovan nämnda dämpningskärlet, med resultat att kvicksilverhalten under en kort period överskred instrumentets mätområde (0-2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Toppens fulla höjd har extrapolerats utifrån lutningen vid uppgång och nedgång med antagande om triangulär grundform.

Den instrumentellt bestämda kvicksilveremissionen varierar mellan 0,07 och 0,30 g/kremering, vilket motsvarar 9-37 % av testampullens kvicksilverinnehåll.



Våtkemisk Hg-analys

Våtkemisk bestämning av totalt gasformigt kvicksilver efter Hg-analysatorn redovisas i resultat-tabellen på sidan 2. Mätdata redovisas på sidan 8.

De våtkemiska bestämningarna gav genomgående betydligt lägre resultat än Hg-analysatorn. De uppmätta kvicksilverhalterna utgjorde 3-26 % av Hg-analysatorns medelvärde för respektive prov och de beräknade emissionerna 0,4-9,7 % av testampullens kvicksilverinnehåll. Skillnaden mellan metoderna kan ej förklaras.

Avskiljningsgrad

Avskiljningsgraden över en reningsanläggning definieras normalt som det avskilda massflödet relativt det ingående massflödet av det aktuella ämnet oavsett vilken form det föreligger i och förutsätter att åtminstone två av de tre massflödena: in, ut och avskilt är kända.

I detta fall kan en verklig avskiljningsgrad ej beräknas eftersom den ingående mängden kvicksilver via käkamalgam är okänd och vi dessutom mäter metalliskt och oxiderat kvicksilver i utgående rökgaser utan att ta hänsyn till det kvicksilver som emitteras som kvicksilverselelid. Här beräknas istället det avskilda massflödet som skillnaden mellan antaget ingående massflöde av totalt kvicksilver och uppmätt utgående massflöde av metalliskt och oxiderat kvicksilver, utan hänsyn till vart det resterande kvicksilvret tagit vägen.

Naturvårdsverket anger 5 g kvicksilver som ett genomsnitt för samtliga avlidna i Sverige. I tabellen nedan beräknas avskiljningsgraden enligt definitionen ovan för kvicksilver vid amalgamampullens kvicksilverinnehåll (0,82 g Hg), vid 5,82 g totalt tillfört kvicksilver samt vid 3,82 g totalt tillfört kvicksilver.

Prov	nr	1	2	3	4	5	Medel
Tillfört Hg med ampull	g	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Hg i käkamalgam enl. SNV	g	5	5	5	5	5	5
Totalt tillfört Hg	g	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82

Våtkemi

Återfunnet Hg	g	0,080	0,012	0,021	0,003	0,011	0,025
Avskiljningsgrad vid 0,82 g	%	90,2	98,5	97,4	99,6	98,7	97,0
Avskiljningsgrad vid 5,82 g	%	98,6	99,8	99,6	99,9	99,8	99,6
Avskiljningsgrad vid 3,82 g	%	97,9	99,7	99,5	99,9	99,7	99,3

Instrument

Återfunnet Hg	g	0,30	0,17	0,17	0,072	0,10	0,16
Avskiljningsgrad vid 0,82 g	%	63,4	79,3	79,3	91,2	87,8	80,5
Avskiljningsgrad vid 5,82 g	%	94,8	97,1	97,1	98,8	98,3	97,3
Avskiljningsgrad vid 3,82 g	%	92,1	95,6	95,6	98,1	97,4	95,8

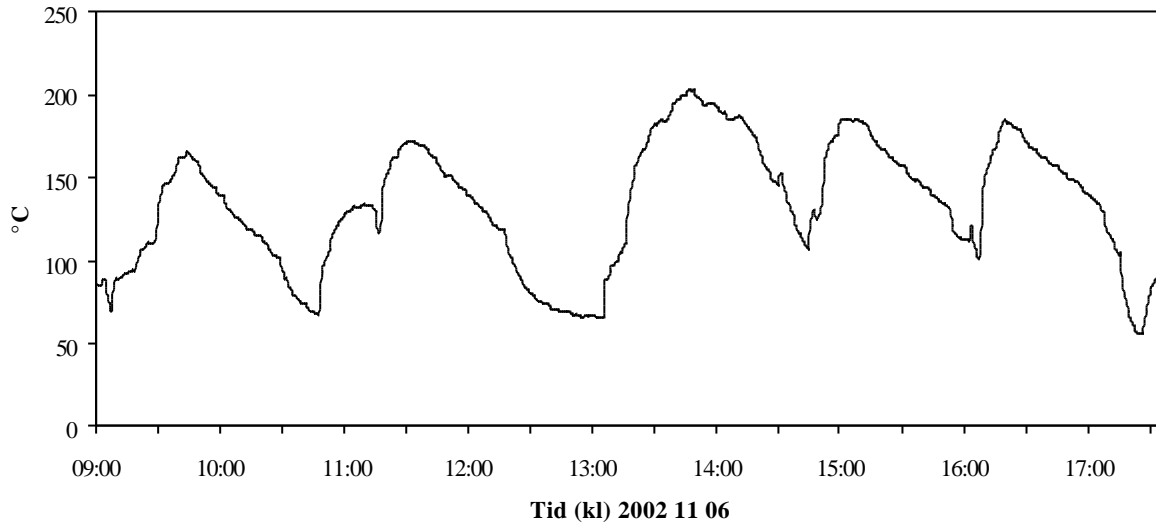
Enköping den 19 december 2002

METLAB miljö AB

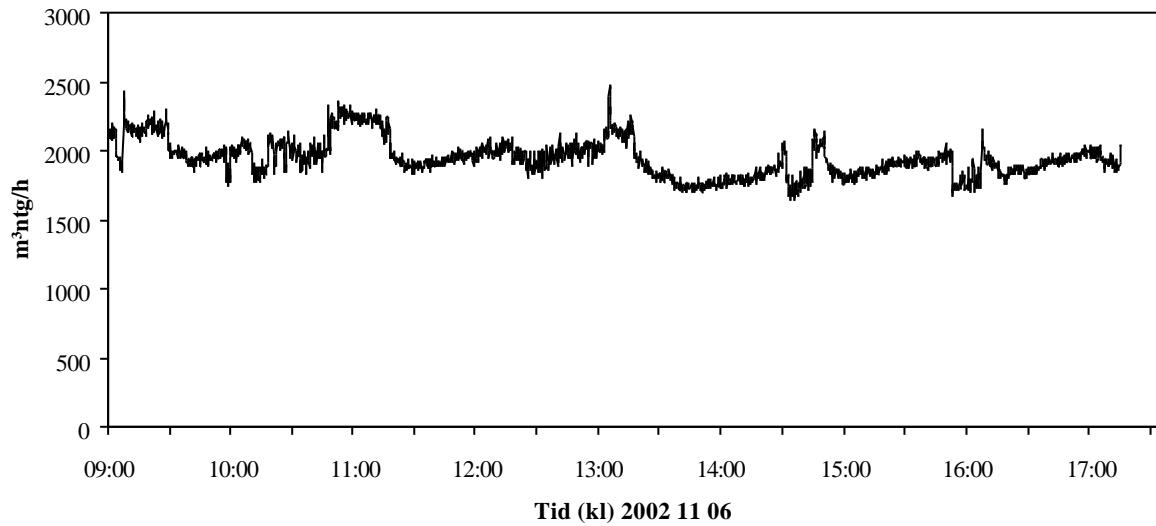
Örjan Tornberg
Projektansvarig

Lars Månsson
VD

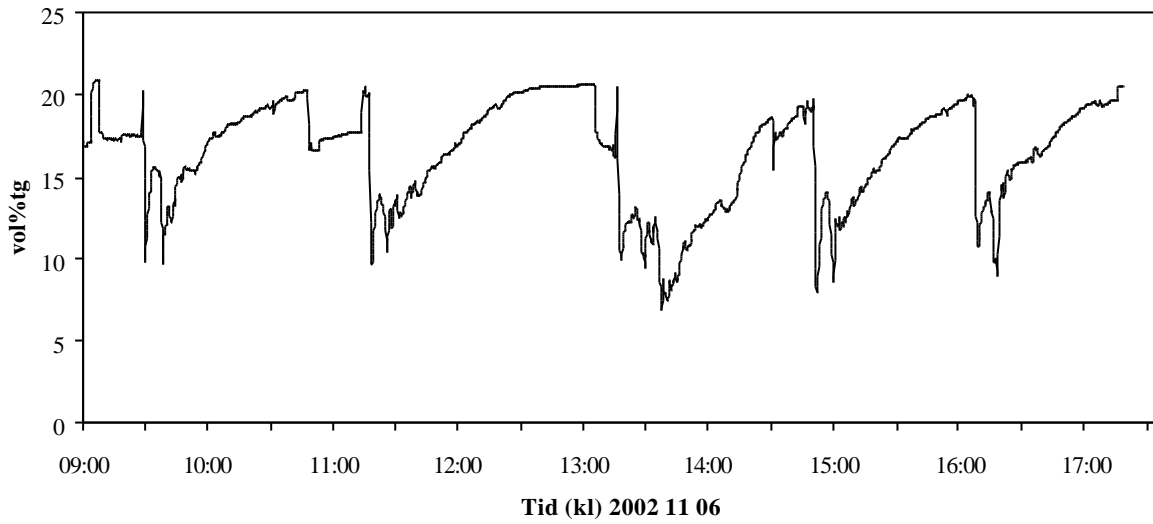
Rökgastemperatur



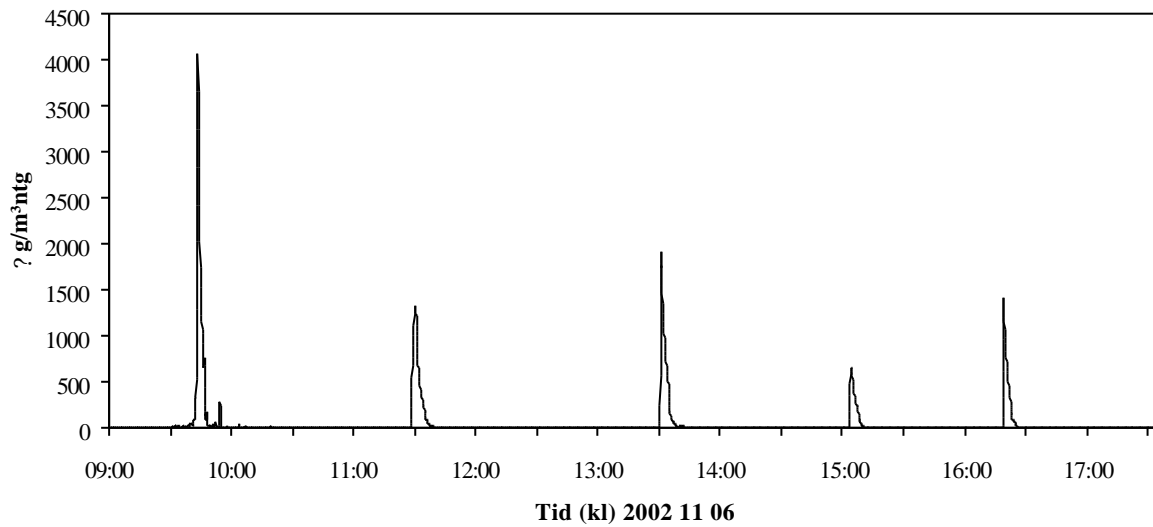
Rökgasflöde



O₂-halt



Kvicksilverhalt





Sammanställning av mätdata - pitotrörmätningar

Anläggning	Krematorieugnen				Medelvärde
Mätplats	Kanal före skorsten				
Mätning	nr	1	2	3	
Datum	2002	6/11	6/11	6/11	
Starttid	kl	14:23:00	14:24:30	14:26:00	
Sluttid	kl	14:23:40	14:25:10	14:26:40	
Kanaldimension:					
Rektangulär, sida A	mm	370	370	370	
Rektangulär, sida B	mm	370	370	370	
Kanalarea	m ²	0,137	0,137	0,137	
Barometertryck	kPa	102,6	102,6	102,6	
Kanaltryck	kPa	0,0	0,0	0,0	
Kanalens absoluttryck	kPa	102,6	102,6	102,6	
O ₂	vol%tg	17,7	18,0	18,2	
CO ₂ , beräknad	vol%tg	3,2	2,9	2,7	
Molvikt torr gas	kg/kmol	29,35	29,32	29,29	
Molvikt våt gas	kg/kmol	29,12	29,09	29,07	
Densitet	kg/m ³	0,833	0,838	0,845	
Do normaltillstånd	kg/m ³ n	1,300	1,299	1,298	
Do torr gas	kg/m ³ ntg	1,310	1,309	1,308	
Temperatur i kanal	°C	158,5	155,3	151,6	155,1
Fukthalt, antagen	vol%	2,0	2,0	2,0	2,0
Dynamiskt tryck	mmvp	1,5	1,5	1,5	1,5
Do	Pa	14,9	15,2	15,2	15,1
Hastighet	m/s	5,98	6,02	5,99	6,00
Gasflöde	m ³ /h	2948	2964	2953	2955
Do normaltillstånd	m ³ n/h	1889	1914	1923	1909
Do torr gas	m ³ ntg/h	1851	1876	1884	1870
Fast pitotrör					
Dynamiskt tryck, p _{dref}	Pa	12,7	12,7	12,9	
Omräkningsfaktor, f (v _k /v _{ref})		1,084	1,094	1,085	1,088
Standardavvikelse, s	%				0,4
t _s /t _n	%				1,1
Mätosäkerhet vid 95 % konfidensgrad (k=2)					
Gashastighet	%	6	6	6	6
Gasflöde drifttillstånd	%	6	6	6	6
Do normaltillstånd	%	6	6	6	6
Do torr gas	%	6	6	6	6

Resultaten från de manuella pitotrörmätningarna har använts för kalibrering av ett fast monterat pitotrör för kontinuerlig mätning. Det fasta pitotrörets värden har omräknats med hjälp av den erhållna korrektionsfaktorn



Sammanställning av mätdata - gasprovtagning

Kvicksilver

Anläggning	Krematorieugnen						
Mätplats	Kanal före skorsten						
Prov	nr	1	2	3	4	5	Medelvärde
Datum	2002	6/11	6/11	6/11	6/11	6/11	
Provstart	kl	09:28	11:16	13:15	14:50	16:06	
Provstopp	kl	10:28	12:16	14:15	15:50	17:06	
Effektiv provtid	h	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Gasflöde

Hastighet	m/s	6,04	6,20	6,18	6,17	6,18	6,15
Gasflöde	m ³ /h	2977	3055	3045	3041	3045	3032
Do NTP	m ³ n/h	2014	2001	1852	1930	1956	1951
Do torr gas	m ³ ntg/h	1974	1961	1815	1891	1917	1912

Hg (g)

Provgasvolym	m ³ ntg	0,058	0,057	0,057	0,054	0,054	
Volym absorptionslösning	ml	165,7	161,9	181,9	179,0	172,4	
Analyserad halt	µg/l	13,94	2,04	3,42	0,37	1,6	
Mängd i prov	µg	2,31	0,33	0,62	0,07	0,28	
Halt i provgas	µg/m ³ ntg	40,1	5,8	11,0	1,2	5,1	12,7
Emission	mg/h	79,2	11,4	20,0	2,3	9,8	24,6

Hg (s)

Provgasvolym	m ³ ntg	0,058	0,057	0,057	0,054	0,054	
Mängd i prov	µg	0,02	< 0,02	0,02	0,02	0,02	
Halt i provgas	µg/m ³ ntg	0,3	< 0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Emission	mg/h	0,7	< 0,7	0,6	0,7	0,7	0,7

Hg (tot)

Halt i provgas	µg/m ³ ntg	40,5	6,2	11,3	1,6	5,5	13,0
Emission	mg/h	79,9	12,1	20,6	3,0	10,6	25,2

Mätosäkerhet vid 95 % konfidensgrad (k=2)

Provtagning gasfas	%	4	4	4	4	4	4
Hg-halt gasfas	%	16	16	16	16	16	16
Provtagning stoftbundet	%	5	5	5	5	5	5
Hg-halt stoftbundet	%	100	100	100	100	100	100
Provtagning total	%	6	6	6	6	6	6
Hg-halt total	%	17	17	17	27	17	19
Do emission	%	18	18	18	28	18	20



Mätmetoder

Manuella metoder

Parameter	Metod	Mätutrustning	Anmärkning
Gasflöde	SS-ISO 10780	EM-06	
Temperatur	Värmeforsks Mäthandbok 2000, kap 4.9	Termoelement typ K	
Totalkvicksilver ¹⁾	SS-EN 13211, modifierad	Sond av typ GVS/EVA GP-3	Abslösning: KMnO ₄ /H ₂ SO ₄ Analyslab: Bjästa

1) METLABs ackreditering omfattar endast provtagningen, ej analysen

Instrumentella metoder

Parameter	Metod	Mätprincip	Instrument	Mätområde	Mätosäkerhet		
					10	50	90
					% av mätomr		
O ₂ ²⁾	Värmeforsks Mäthandbok 2000, kap 4.2	paramagnetiskt	P1	0-100 vol%tg	3,6	3,4	3,4
O ₂ ³⁾	Värmeforsks Mäthandbok 2000, kap 4.2	paramagnetiskt	P4	0-30 vol%tg	4,4	3,4	3,3
Hg (g)	SEMTECH ⁴⁾	AAS-ZEEMAN	SEMTECH	0-2000 µg/m ³ n	-	-	-

2) Med separat sond och gaskylare. 3) Mätning i utgående provgas efter provtagningssystemet. 4) Ej ackrediterad metod.

Referensgaser

Gas	Halt	Analysosäkerhet	Hållbar till	Leverantör
Luft	20,96 vol%tg O ₂	-	-	-

Datainsamling

Datalogger	AAC-
Dator	Compaq
Samplingsintervall	1 s
Lagringsintervall	10 s
Tidsupplösning i diagram	10 s

Mätosäkerhet

Mätosäkerhet för instrumentella mätningar redovisas i tabell under avsnittet ”Mätmetoder”. Mätosäkerhet för manuella metoder beräknas för varje enskild mätning och redovisas i anslutning till mätdata på respektive bilagesida.

Redovisad mätosäkerhet är den totala utvidgade mätosäkerheten beräknad med täckningsfaktorn $k=2$ vilket svarar mot ett konfidensintervall med ca 95 % konfidensgrad. Mätosäkerhetsberäkningarna är baserade på de principer som anges i *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements (GUM)*, 1993.

Mätplan och mätförhållanden

Mätplan	Kanal före skorsten utomhus, dimension 370x370 mm.
Mätuttag	2 st 3” muffar samt 2 st borrarade hål ? 12 mm.
Störningsfri raksträcka före mätplan	< 5 D _h
Störningsfri raksträcka efter mätplan	< 2 D _h
Typ av störning före mätplan	Kanalböj
Typ av störning efter mätplan	Inlopp till skorsten
Plats för provtagare och instrument	Inomhus vid krematorieugnen, avstånd < 15 m.