



Provningsjämförelse

Kalibrering av gasur

Uppdragsgivare:
Svenska Intresseföreningen för Luftlaboratorier

Projektansvarig:
Örjan Tornberg, METLAB miljö AB





Innehåll

Sammanfattning.....	2
Bakgrund och målsättning.....	2
Deltagande laboratorier	3
Genomförande	3
Resultat och diskussion	4
Kontroll av kalibreringsobjektets integritet	4
Bestämning av korrektionsfaktorer	5
Kalibreringarnas riktighet och precision	7
Beräkning av korrigerad gasursvolym	8
Diskussion om felkällor	9
Slutsatser	10

Bilagor

Bilaga 1 – Packsedelsbilaga med instruktioner

Bilaga 2 – Inmatningsblankett (Excel)

Bilaga 3 – Räkneövning (Excel)





Sammanfattning

Ett ringtest har utförts där ett gasur har skickats runt till deltagande lab för kalibrering. Ringtestet visar på en spridning mellan laboratorierna som får osäkerheten vid internkalibreringen att överstiga mätosäkerhetskravet för gasur ($\pm 2\%$) i det valda flödesområdet.

Bakgrund och målsättning

Gemensamt för de manuella provtagningsmetoderna är att uttagen provgasvolym bestäms med ett gasur, av typen bälgmätare, placerat sist i provtagningsystemet för det utgående torra provgasflödet.

Mätosäkerheten i gasursvolymen ska enligt mätstandarderna understiga 2 %. Utan korrigering kan avvikelser från verklig volym vara större än så, beroende på dels åldring och kemisk/fysisk åverkan, dels tryckfall över gasurets utlopp, som inte kan bestämmas exakt. Då korrektionen också kan innehålla en flödesberoende komponent, fastställs korrektioner vid ett antal flödesnivåer.

Luftlaboratorierna inom SIL kalibrerar de egna gasuren mot referensnormaler, som i sin tur har kalibrerats hos en extern instans ackrediterad för detta. Som ett led i kvalitetssäkringen av medlemsföretagens verksamheter har SIL beslutat att genomföra ett ringtest för gasurskalibrering. Genom att låta flera luftlaboratorier kalibrera ett och samma gasur kan vi få information om mätosäkerheten hos den interna kalibreringen, och i bästa fall även identifiera och åtgärda förekommande procedurfel.





Deltagande laboratorier

Följande luftlaboratorier, i alfabetisk ordning, deltog i ringtest gasurskalibrering under månaderna oktober 2023 till oktober 2024. Laboratoriernas numrering fortsättningsvis i rapporten motsvarar kronologisk ordning under ringtestets gång.

- AMP AB, Västerås
- DGE Mark och Miljö AB, Göteborg
- ENA Miljökonsult AB, Västerås
- Heidelberg Cementa AB, Slite
- Ilemå Miljöanalys AB, Linköping
- METLAB miljö AB, Enköping
- Miljöassistans i Norden AB, Hässleholm
- Miljömätarna i Linköping AB, Linköping

Genomförande

Ett nytt gasur av typen G4 ($q_{\max} = 6 \text{ m}^3/\text{h}$) skickades till de deltagande luftlaboratorierna för kalibrering vid 1, 2, 3 och 4 m^3/h . Varje laboratorium skulle följa sin egen rutin. Målet var att jämföra gasursflöde avläst på kalibrerobjektet (q_{gasur}) med flöde enligt respektive luftlaboratoriums referens, omräknat till kalibrerobjektets tillstånd (q_{ref}). Vid behov mättes temperatur och tryck i kalibrerobjekt respektive referens. Se bilagorna för mer detaljer.

För jämförelse av enhetliga resultat har korrektionsfaktorn $k = q_{\text{ref}}/q_{\text{gasur}}$ beräknats för alla kalibreringar. I de fall där ingen korrektionsfaktor rapporterats in, har denna i stället beräknats ur rapporterad relativ avvikelse. Procentuell korrektionsterm $K(\%)$, så som till exempel RISE redovisar, erhålls som $K(\%) = (k - 1) \times 100 \%$.

För att övervaka gasurets eventuella förändringar under projektets gång kontrollerades gasuret av METLAB; som första och sista deltagare samt därtill en tredje gång mitt under projektet. Avslutningsvis kalibrerades gasuret hos RISE som referensvärde.



Resultat och diskussion

Ringtestets primära uppgift var att kalibrera ett gasur vid fyra specificerade provgasflöden och att bestämma korrektionsfaktorn vid respektive flödesnivå. Sekundärt skulle sedan de korrigerade gasvolymerna beräknas för två fingerade fältmätningar med sagda gasur. Resultaten redovisas nedan i kommenterade tabeller och diagram följt av en kortfattad diskussion om felkällor och mätosäkerheter.

Kontroll av kalibrerobjektets integritet

Vid alla typer av ringtester och interkalibreringar där kalibrerobjekt skickas mellan olika deltagare är det viktigt att kunna fastställa att de undersökta egenskaperna inte förändras under hantering och transporter. I egenskap av samordnande mätlaboratorium utförde METLAB miljö AB totalt tre fullständiga bestämningar av det använda referensgasuret, som första och tionde(sista) mätlaboratorium, samt vid ett tillfälle mitt i ringtestet. Gasuret sändes slutligen till RISE för en oberoende ackrediterad kalibrering (tabell 1).

Kontrollerna visar att gasuret varit stabilt inom ramen för uppgivna mätosäkerheter.

Tabell 1

Kontroll av gasurets integritet samt referenskalibrering. Resultat med Z-score och En-score.

Rapporterad korrektionsfaktor ((m³/h)/(m³/h))

Flöde	Före (1)	Under	Efter (10)	Medelvärde	Standardavvikelse	U	Ref (11)	U _{ref}
1 m ³ /h	0,984	0,984	0,981	0,983	0,0017	0,013	0,983	0,0091
2 m ³ /h	0,989	0,987	0,984	0,987	0,0025	0,012	0,993	0,0092
3 m ³ /h	0,992	0,993	0,991	0,992	0,0010	0,012	0,998	0,0092
4 m ³ /h	0,995	0,999	0,997	0,997	0,0020	0,012	1,004	0,0092

Beräknad Z-score

Flöde	Före (1)	Under	Efter (10)
1 m ³ /h	0,58	0,58	-1,15
2 m ³ /h	0,93	0,13	-1,06
3 m ³ /h	0,00	1,00	-1,00
4 m ³ /h	-1,00	1,00	0,00

Beräknad En-score

Före (1)	Under	Efter (10)
0,051	0,05	-0,143
-0,273	-0,41	-0,604
-0,399	-0,33	-0,466
-0,596	-0,33	-0,464

| Z-score | ≥ 2 tyder på att resultatet avviker signifikant från medelvärdet.

| EN-score | ≥ 1 tyder på att resultatet avviker signifikant från referensvärdet.



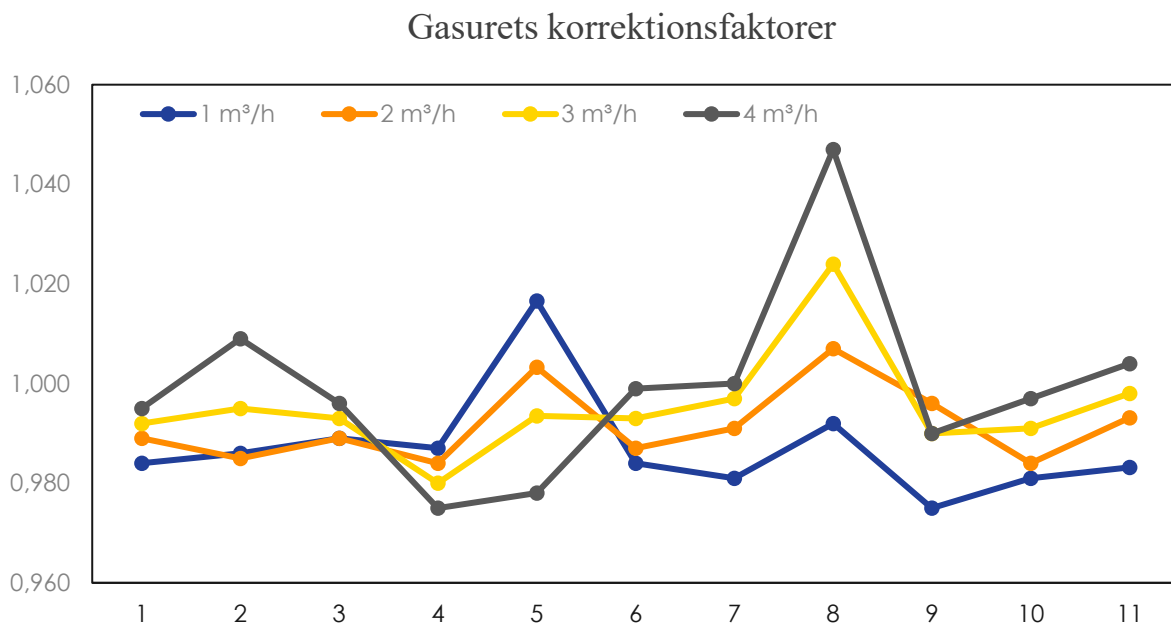
Bestämning av korrektionsfaktorer

Samtliga deltagande laboratorier fick som första uppgift att bestämma gasurets kalibreringsfaktorer vid fyra gasflöden: 1,0; 2,0; 3,0 respektive 4,0 m³/h, med den uppställning som respektive laboratorium normalt använder vid kalibrering. Ett av laboratorierna kommenterade att den interna kalibreringen begränsas till 3 m³/h men lämnade resultat även vid den högsta flödesnivån.

Resultaten illustreras grafiskt tillsammans med de inledande och avslutande kontrollerna och referenskalibreringen i diagram 1. Av diagrammet framgår att resultaten från labb 5 och 8 sticker ut. Detta konfirmeras av beräkningarna av Z-score där de individuella mätningarna jämförs med medelvärde och standardavvikelse för hela gruppen (tabell 2). Vidare finner man att medan de flesta labben redovisar korrektionsfaktorer som stiger med ökande flöde redovisar labb 4 och 5 istället strängt avtagande korrektionsfaktorer med ökande flöde.

Diagram 1

Kronologisk redovisning av korrektionsfaktorer från samtliga gasurskalibreringar inklusive kontroller.





Tabell 2

Bestämning av gasurets korrektionsfaktorer. Laboratoriernas individuella resultat och Z-score.

Rapporterad korrektionsfaktor ((m³/h)/(m³/h))

Flöde	Labb 2	Labb 3	Labb 4	Labb 5	Labb 6	Labb 7	Labb 8	Labb 9	Medel- värde	Standard- avvikelse
1 m³/h	0,986	0,989	0,987	1,017	0,984	0,981	0,992	0,975	0,989	0,012
2 m³/h	0,985	0,989	0,984	1,003	0,987	0,991	1,007	0,996	0,993	0,009
3 m³/h	0,995	0,993	0,980	0,993	0,993	0,997	1,024	0,990	0,996	0,013
4 m³/h	1,009	0,996	0,975	0,978	0,999	1,000	1,047	0,990	0,999	0,022

Beräknad Z-score

Flöde	Labb 2	Labb 3	Labb 4	Labb 5	Labb 6	Labb 7	Labb 8	Labb 9
1 m³/h	-0,23	0,01	-0,15	2,25	-0,39	-0,63	0,26	-1,12
2 m³/h	-0,91	-0,44	-1,03	1,23	-0,68	-0,21	1,66	0,38
3 m³/h	-0,05	-0,21	-1,25	-0,17	-0,21	0,10	2,26	-0,45
4 m³/h	0,44	-0,15	-1,08	-0,95	-0,01	0,03	2,13	-0,41

| Z-score | ≥ 2 tyder på att resultatet avviker signifikant från medelvärdet.

| Z-score | ≥ 3 tyder på att resultatet är felaktigt.

Tabell 3

Bestämning av gasurets korrektionsfaktorer. Sammanställning av resultat.

	1 m³/h	2 m³/h	3 m³/h	4 m³/h	Ökning per m³/h (dk/dq)
Korrektionsfaktor k	(m³/h)/(m³/h)				(linjär regression per serie)
Medelvärde SIL	0,982	0,989	0,995	0,999	0,006
Minvärde	0,962	0,975	0,980	0,975	0,004
Maxvärde	0,992	1,007	1,024	1,047	0,018
Standardavvikelse	0,010	0,009	0,013	0,022	
Förkontroll (METLAB)	0,984	0,989	0,992	0,995	0,004
Mellankontroll (METLAB)	0,984	0,987	0,993	0,999	0,005
Efterkontroll (METLAB)	0,981	0,984	0,991	0,997	0,006
Externkalibrering (RISE)	0,983	0,993	0,998	1,004	0,007
Antal n	8	8	8	8	
Täckningsfaktor (Students t)	2,36	2,36	2,36	2,36	
Medelvärdets osäkerhet (t·s/√(n))	0,008	0,008	0,011	0,019	
Osäkerhet i enskilt resultat (t·s)	0,023	0,022	0,031	0,053	
Prestandakrav, relativt (%)	2,0	2,0	2,0	2,0	
Prestandakrav, absolut, (m³/h)/(m³/h)	0,020	0,020	0,020	0,020	
Kravet uppfyllt	Nej	Nej	Nej	Nej	





Kalibreringarnas riktighet och precision

Medelvärden för SIL-laboratorierna överensstämmer relativt väl med RISE:s resultat, och dk/dq för de flesta laboratorierna går i samma riktning som för RISE (tabell 3). Medelvärdena får dock hjälp på traven av de höga rapporterade resultaten från labb 8; i övrigt ligger de flesta labben lite under referenskalibreringen.

Ur gruppens medelvärden och standardavvikelser kan den statistiska osäkerheten för en enskild bestämning av korrektionsfaktorn vid respektive flöde beräknas, och jämföras med kravnivån i aktuella provtagningsstandarder, generellt $\pm 2\%$ av uppmätt gasvolym (tabell 3).

En närmare granskning visar att prestandakravet överskrids vid samtliga flödesnivåer. För att kravet skall innehållas behöver standardavvikelsen för korrektionsfaktorerna minskas genom att precisionen i kalibreringarna förbättras. Om resultaten från lab 5 och 8 utesluts innehålls prestandakravet vid 1-3 m^3/h (tabell 4) och om även resultaten från lab 4 utesluts innehålls prestandakravet vid samtliga flöden.

Tabell 4

Bestämning av gasurets korrektionsfaktorer. Sammanställning av resultat. Lab 5 och 8 undantagna.

	1 m^3/h	2 m^3/h	3 m^3/h	4 m^3/h	Ökning per m^3/h (dk/dq)
Korrektionsfaktor k	(m^3/h)/(m^3/h)				(linjär regression per serie)
Medelvärde SIL	0,984	0,989	0,991	0,995	0,004
Minvärde	0,975	0,984	0,980	0,975	0,000
Maxvärde	0,989	0,996	0,997	1,009	0,006
Standardavvikelse	0,005	0,004	0,006	0,012	
Förkontroll (METLAB)	0,984	0,989	0,992	0,995	0,004
Mellankontroll (METLAB)	0,984	0,987	0,993	0,999	0,005
Efterkontroll (METLAB)	0,981	0,984	0,991	0,997	0,006
Externkalibrering (RISE)	0,983	0,993	0,998	1,004	0,007
Antal n	6	6	6	6	
Täckningsfaktor (Students t)	2,57	2,57	2,57	2,57	
Medelvärdets osäkerhet ($t \cdot s/\sqrt{n}$)	0,005	0,005	0,006	0,012	
Osäkerhet i enskilt resultat ($t \cdot s$)	0,013	0,011	0,015	0,030	
Prestandakrav, relativt (%)	2,0	2,0	2,0	2,0	
Prestandakrav, absolut, (m^3/h)/(m^3/h)	0,020	0,020	0,020	0,020	
Kravet uppfyllt	Ja	Ja	Ja	Nej	



Beräkning av korrigerad gasursvolym

Förutom själva gasurskalibreringen ingick även en räkneuppgift där deltagarna förväntades räkna fram korrigerade gasursvolymen ur en samling rådata från ett fingerat mätuppdrag och därvid använda sig av de korrektionsfaktorer man bestämt. En bakomliggande tanke var att kunna se huruvida andra skillnader än korrektionsfaktorn spelade in på slutresultatet och om ett "fel" i kalibreringen eventuellt kvittades mot en annorlunda hantering av korrektionsfaktorn i beräkningsmallen (tabell 5).

Tabell 5

Beräkning av korrigerad gasvolym vid fältmätning.

Rapporterad gasvolym (m³ntg)

	Labb 2	Labb 3	Labb 4	Labb 5	Labb 6	Labb 7	Labb 8	Labb 9	Medelvärde	Standardavvikelse
Prov 1	0,965	0,968	0,966	0,995	0,963	0,959	0,979	0,954	0,968	0,012
Prov 2	1,879	1,842	1,816	1,822	1,861	1,863	1,862	1,844	1,857	0,045

Beräknad Z-score

	Labb 2	Labb 3	Labb 4	Labb 5	Labb 6	Labb 7	Labb 8	Labb 9
Prov 1	-0,21	0,03	-0,13	2,23	-0,38	-0,70	0,28	-1,11
Prov 2	0,48	-0,34	-0,92	-1,21	0,08	0,13	2,06	-0,29

Labb 4 och 5 har ej lämnat svar. Gasvolymen har beräknats av METLAB med närmaste rapporterade korrektionsfaktorer.
| Z-score | ≥ 2 tyder på att resultatet avviker signifikant från medelvärdet.
| Z-score | ≥ 3 tyder på att resultatet är felaktigt.

Av tabell 5 framgår att labb 5 och 8 även här får Z-score >2 , vilket innebär att de avvikande korrektionsfaktorerna också resulterar i avvikande provgasvolymen. Diskussioner med labben visar i övrigt att erhållna korrektionsfaktorer hanteras på en mängd olika sätt, till exempel:

- Korrektionsfaktor för närmaste flödesnivå.
- Interpolering mellan korrektionsfaktorer för närmaste flöden.
- Medelvärde för samtliga korrektionsfaktorer.
- Linjär regression på alla resultat, vilket leder till en enda korrektionsfaktor.
- Polynom Anpassning.

Så länge faktorns flödesberoende är litet spelar det förmodligen ingen roll vilken metod som används.





Diskussion om felkällor

Orsaker till fel och skillnader i resultaten kan delas upp i tre typer av felkällor:

- Kalibreringen av interna referenser.
- Fel i beräkningar.
- Fel i redovisningen av resultaten.

Interna referenser utgörs normalt av antingen referensgasur (RG) eller laminärflödeselement (LFE). Ett RG registrerar den passerande gasvolymen som sedan korrigeras med hjälp av externt bestämda korrektionsaktorer. Ett LFE producerar ett flödesberoende dynamiskt tryck som mäts med en mikromanometer. Här kommer korrektioner för såväl LFE som manometer in i bilden. Vare sig RG eller LFE används som referens är det viktigt att känna till vilket tillstånd (tryck och temperatur) som den externa kalibreringen avser, och att korrigera resultaten för provgasens faktiska tillstånd.

Beräkningsfel vid gasurskalibreringar handlar oftast om misstag vid omräkning från ett tillstånd (t_1, p_1) till ett annat (t_2, p_2). Den rekommenderade gången är att referensvolymen omräknas till kalibreringsobjektets tillstånd innan korrektionsfaktorn beräknas. Detta var också tanken med den redovisningstabell som skickades ut till deltagarna, men i flera fall är det uppenbart att redovisade gasflöden och korrektionsfaktorer ej korrelerar på detta sätt, och därmed har vi kommit in på den sista punkten ovan.

Vid redovisning av resultaten för ringtestet har rapporterade korrektionsfaktorer från deltagarna använts oavsett om de verkar överensstämma med rapporterade volymflöden, tryck och temperaturer eller ej. I något fall angav labbet att båda gasflödena normaliserats före beräkning av korrektionsfaktorn. Vid kontrollberäkning utifrån rapporterade mätdata erhöles dock ej samma resultat.





Slutsatser

Baserat på samtliga laboratoriers resultat blir osäkerheten i en enskild mätning större än prestandakravet på 2 % av gasflödet vid samtliga undersökta flödesnivåer.

Om misstänkta outliers tar bort minskar standardavvikelsen kraftigt och prestandakravet innehålls för åtminstone 1, 2 och 3 m³/h. Flera laboratorier har angivit att de normalt inte kalibrerar högre flöden än 3 m³/h vilket bör tas i beaktande vid diskussioner om osäkerheten vid 4 m³/h.

Vid en framtida upprepning av ringtestet bör labbens respektive mätosäkerheter samlas in och Enscore mot referenslaboratoriet beräknas.

Detsamma gäller i princip för beräkning av korrigerad gasvolym, men här tillkommer en osäkerhet beroende på att olika hantering av korrektionsfaktorer i den praktiska verksamheten förekommer.



Bilaga 1 – Packsedelsbilaga med instruktioner

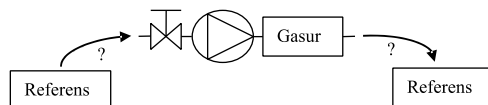
Packsedelsbilaga – låt följa med!

Ringtest gasur

Översänder det gasur som ingår i **SIL:s ringtest avseende gasurskalibrering 2023**. Gasuret kalibreras hos respektive SIL-medlem och **skickas därefter vidare till nästa** enligt bifogad sändlista. Ringtestet avslutas med ackrediterad kalibrering hos SP. I den sammanställande rapporten anonymiseras deltagande lab.

Gasuret, modell G4, serienummer 40065296, kalibreras som om det ingick i den årliga internkontrollen av luftlaboratoriets gasur, vid flödesnivåerna 1, 2, 3 och 4 m³/h. För att resultaten ska kunna jämföras har gasuret försetts med anslutningar + temperaturgivare och följande villkor ställts upp:

- 1) Gasuret förutsätts vid provtagning placeras efter pump, med båda anslutningarna påskruvade och ingenting placerat efter utloppet. Under ringtestet följer varje luftlaboratorium sin vanliga rutin för kalibrering av detta, vilket bl.a. innefattar valet av placering av referensnormalen i förhållande till gasuret.



- 2) Trycket i gasuret definieras som trycket vid gasurets utloppsanslutning, dvs atmosfärstryck när inget placeras nedströms, som vid provtagning.
- 3) Gasurstemperaturen definieras av termoelementet som monterats i utloppet (typ K), med avläsning på medföljande temperaturavläsningsinstrument, utan korrektion.
- 4) I övningen jämförs flöden/volymer enligt gasur och referens vid gasurets tillstånd. Flödet genom referensen räknas alltså om från referensens tryck och temperatur till gasurets tryck och temperatur enligt ovan, medan gasursflödet inte räknas om.

Naturligtvis utsätts inte gasuret för dammiga / korrosiva gaser och annan olämplig behandling. Vid transporter används den skumgummiklädda trälådan som gasuret kom i.

Rapportering görs med ett Excel-dokument med 2 flikar som distribuerats via e-post och som mejlas ifyllt till orjan.tornberg@metlab.se. Notera flik 2 som innehåller en liten beräkning där laboratoriet får tillfälle att tillämpa sin fastställda korrektion på en uppsättning fingerade data. Detta tror jag kan vara en "säkerhetsventil" i utvärderingen, när det finns risk för sammanblandning mellan begreppen korrektionsfaktor/-term/avvikelse medan korrektionerna sannolikt ändå tillämpas korrekt i slutändan.

Kontakta mig gärna både när ni får gasuret och när det skickas vidare, så kan jag löpande ha koll på var gasuret befinner sig och vilka som har haft gasuret. Avsteg från sändlistan är helt OK om det blir smidigare med annan ordning, men då är det extra viktigt att informera mig samt samordna med övriga laboratorier.

Utvärdering sker för varje flödesnivå med hjälp av "Z score" för fastställda korrektioner, där en avvikelse på 2 enheter väcker frågor och en avvikelse över tre enheter anses tyda på direkta felaktigheter.

Med vänlig hälsning

Örjan Tornberg (METLAB miljö AB)





Bilaga 2 – Inmatningsblankett (Excel)

Ringtest gasurskalibrering inom SIL år 2023. Sidan 1: internkalibrering.

* Luftlaboratorium:	XXXXXXX
* Datum:	XX-XX-XX
Gasur:	Modell G4, serienummer 40065296
* Mätarställning vid ankomst	m ³ 0,0
* Typ av referens:	t.ex. referensgasur, laminärflödeselement
* Kalibreringsuppställning:	t.ex. Filter → Referens → Pump → Gasur
* Laboratoriet använder sig av	Korrektionsfaktor

		1 m ³ /h	2 m ³ /h	3 m ³ /h	4 m ³ /h
Omgivningsparametrar					
Omgivningstemperatur	°C				
Luftfuktighet	%RH				
Atmosfärstryck (P_{atm})	kPa				
Referens					
* Temperatur i luftflöde	°C	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
Absoluttryck ⁶	kPa	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
* Luftflöde genom referens ⁵	m ³ /h	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
Gasur (kalibreringsobjekt)					
* Temperatur i luftflöde ³	°C	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
Absoluttryck vid utlopp ^{2,6}	kPa	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
* Mätarställning, start (V_{start})	m ³	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
* Mätarställning, slut (V_{slut})	m ³	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
* Provtid Δt	min	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
* Luftflöde enligt gasur ($\Delta V / \Delta t$)	m ³ /h	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
Jämförelse vid kalibreringsobjektets tillstånd					
* Luftflöde gasur enligt referens	m ³ /h	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
* Luftflöde enligt gasur	m ³ /h	Fyll i	Fyll i	Fyll i	Fyll i
* Korrektionsfaktor	-				
(anpassar sig efter cell D10)					

Anmärkning från luftlaboratoriet: _____

Instruktioner:

- Gasurets in- och utloppsanslutningar inklusive temperaturgivare lämnas påskruvade.
- Gasuret kalibreras som om gasurets utloppsanslutning är längst nedströms i en provtagare.
- Gasuret kalibreras enligt luftlaboratoriets egna rutin för internkalibrering, vid 1-4 m³/h, m.a.p. flöde vid utlopp (punkt 2) och temperatur från medföljande temperaturgivare & handinstrument.
- Fyll i minst alla fält märkta med asterisk (*), men utför beräkningarna enligt er brukliga mall.
- Flöde genom referens avser aktuellt tillstånd (T, P) för referensen enligt dess senaste kalibreringsbevis. Flöde enligt gasur har definierats i punkt 3.
- Atmosfärstryck och absoluttryck behövs bara om gasuret och referensen har definitionsmässigt olika tryck.
- METLAB miljö AB startar ringtestet och gör både en mellankontroll och en efterkontroll.
- Ringtestet avslutas med ackrediterad kalibrering hos RISE.
- Kontakta mig (Örjan Tornberg) vid mottagande av gasuret, samt vid avsändning till nästa mottagare. Lycka till // Örjan Tornberg, orjan.tornberg@metlab.se





Bilaga 3 – Räkneövning (Excel)

Ringtest gasurskalibrering inom SIL år 2023. Sidan 2: fältexempel.

Det kalibrerade gasuret har använts i fält för bestämning av uttagen provgasvolym vid stofthaltsbesti. Nedan ges några värden från protokollet. Ur dessa skall kalibrerad provvolym vid normaltillstånd be

Atmosfärstryck (P_{atm})	kPa	98,73	103,58
Kanaltryck	kPa	0,0	-0,4
Kanaltemperatur	°C	298	55
O ₂	vol% torr gas	4,1	7,0
CO ₂	vol% torr gas	16,0	13,2
Temperatur i gasur	°C	26	7,2
Mätarställning vid start	m ³	3627,300	1381,000
Mätarställning vid stopp	m ³	3628,400	1382,870
Provstart	hh:mm	08:00	13:00
Provstopp	hh:mm	09:00	13:30
Utkondenserat vatten	gram	64,3	464,3
Torkmedlets viktökning	gram	21,0	54,5
Provgasvolym	m ³ normal torr gas		

