



Renewable Energy Technology International AB

Renewtec Report 006:2017

Utvärdering av ny metod för tryckprovning av volym upp till 24 m³

**Jörgen Held
Baltic Energy Innovation Centre**

ISSN 2001-6255

Publisher

Renewable Energy Technology International AB

Skarpskyttevägen 10 D

SE-226 42 Lund

SWEDEN

info@renewtec.se

Renewable Energy Technology International AB is a private company promoting the transfer to a sustainable and environmentally friendly energy system.

© Renewable Energy Technology International AB. All rights reserved.

Printed by Serviceförvaltningen/Tryckeriet Lunds kommun, Lund, SWEDEN, 2017

ISSN 2001-6255

UTVÄRDERING AV NY METOD FÖR TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

Jörgen Held, Baltic Energy Innovation Centre

Förord

AB Gas & Värmeteknik har föreslagit en ny mätmetod för tryckprovning av volym upp till 24 m³. Technologie doktor Jörgen Held, Baltic Energy Innovation Centre har engagerats av E.ON Gas Sverige AB för att göra en oberoende kvalitetskontroll av den föreslagna metod. Projektet har i sin helhet utförts av Jörgen Held under perioden 2017-09-18 till 2017-11-30.

Ett stort antal personer har, direkt eller indirekt, bidragit med information av relevans för den här utvärderingen. Författaren vill rikta ett varmt tack till Gert-Ove Persson och Lennart Jansa. E.ON Gas Sverige AB för deras insatser i samband med det första fälttestet utanför Bjuv den 28 och 29 september. Vidare riktas ett varmt tack till Torbjörn Nilsson, AB Gas & Värmeteknik för insatserna i samband med det första och andra fälttestet utanför Bjuv den 28 och 29 september respektive den 2 och 3 oktober 2017.

Sammanfattning

När ett installationsarbete i mark är avslutat görs en tryckprovning för att kontrollera att ledningen är tät. För att säkerställa att tryckprovningen verkligen redovisar korrekt resultat begränsas volymen. På så vis upprätthålls precisionen vid tryckmätningen. Bakgrunden till denna begränsning är risken för att förändringar i omgivande temperatur ändrar trycket i provobjektet och att större volymer lättare döljer en mindre läcka på ledningen.

En ny metod som medger ökad volym med bibehållen precision har föreslagits och utvärderats i denna rapport. Den nya metoden bygger på att man samtidigt mäter två skilda system, dels provobjektet som ska testas, dels ett referenskärl som är placerat under likartade förhållanden för att därigenom möjliggöra kompensation för påverkan av temperaturförändringar. Genom att mäta skillnaden mellan de båda systemen kan avvikelser användas som parameter för godkännande alternativt underkännande vid täthetskontroll av provobjekt med dolda skarvar. För den högsta volymen utökas mättiden 48 gånger jämfört med täthetskontroll av volym upp till 0,5 m³. Det längre tidsintervallet ökar möjligheten att finna en eventuell läcka.

De parametrar som påverkar precisionen i mätningen har utvärderats och jämförts dels med mätmetoden med precisionsmanometer för volymer upp till 0,5 m³, dels med metoden med differenstrycksmätning som föreskrivs i Energigasnormen (EGN). Därutöver har två oberoende fälttest genomförts i samband med E.ON Gas Sverige ABs förläggning av en 900 m lång gasledning med en volym på 14 m³, utanför Bjuv.

Fälttesten visade att metoden med direktmätning med precisionsmanometer för volym upp till 0,5 m³ inte klarar av att ge korrekt resultat för en volym om 14 m³ om man endast utökar mättiden proportionellt. Den nya metoden med kompensering för temperaturförändringar genom samtidig mätning av provobjekt och referenskärl klarade dock detta utan problem.

Sammanfattningsvis har den nya metoden med samtidig mätning av provobjekt och referenskärl med precisionsmanometer samt omgivningstemperatur bedömts ha likartad eller högre tillförlitlighet än både mätmetoden med precisionsmanometer för volymer upp till 0,5 m³ och differenstrycksmetoden i EGN.

Förkortningar och uttryck i denna rapport

AFS	Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter
atm	Atmosfär (tryck), 1 atm = 101,325 kPa (normalt atmosfärs-tryck)
bar	Bar, 100 kPa (tryck)
bara	Bar absolut, absolut tryck
barg	Bar gauge, absolut tryck minus omgivningstryck
differenstryck	Skillnaden mellan två tryck. Det kan vara skillnaden i tryck i två olika objekt eller vid olika tid i samma objekt
differenstrycks- avvikelse	I denna rapport används uttrycket som skillnaden mellan två differenstryck
EGN	Energigasnormen
kPa	kilopascal (tryck)
mbar	millibar (tryck), en tusendel av en bar
provobjekt	Det objekt som ska tryckprovas
mätvolym	Provobjektets volym. Det vill säga den volym av provobjektet som fylls med gas (kvävgas eller luft) vid tryckprovnings- ningen
mättid	Den tid det tar att utföra täthetskontrollen
N _i	Noggrannhetsindex, tillåter jämförelse mellan olika mätmetoder genom att ta hänsyn till tolerans, mätvolym och mättid
PED	Pressure Equipment Directive (tryckutrustningsdirektivet)
referenskärl	Ett tätt och gasfyllt kärl nedgrävt på samma djup som provobjektet. Används som referens avseende tryckförändringar på grund av förändring i gasens temperatur
tolerans	Används som ett mått på hur stor tryckförändring som tolereras vid täthetskontroll

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

Innehåll

1. Inledning	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte/Mål	6
1.3 Metodik	7
2. Beskrivning av den nya föreslagna metoden	8
2.1 Utökade användningsområden	9
3. Fälttesten	11
3.1 Första fälttestet	14
3.2 Andra fälttestet	15
3.3 Slutsatser av fälttesten	16
4. Jämförelse med differenstrycksmetoden föreskriven i EGN	17
5. Referenser	18

Appendix A – Beskrivning av ny mätmetod

Appendix B – Trycksänkning på grund av gasläckage

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

1. Inledning

1.1 Bakgrund

År 2012 togs en ny form av tryckprovning fram av E.ON Gas Sverige AB i samarbete med AB Gas & Värmeteknik. Metoden validerades och godkändes sedan av SGC, Svenskt Gastekniskt Center AB, SGC Rapport 2013:260¹. Metoden har sedan dess använts inom E.ON Gas Sverige ABs och Kraftringen ABs gasnät.

Utgångspunkten vid provningar av gasledningar med dolda skarvar enligt ovanstående metod visas i Tabell 1.

Tabell 1. Direktmätning av tryck för volymer upp till 0,5 m³.

	Moment:	Mål:	Referens
1	Tryckprovning med riskbedömning	Säkert förfarande ur arbetsmiljöperspektiv	Trycksättning enligt AFS 2006:08
2	Tryckhöjning 1,43* Beräkningstryck	30 minuter	Stresstest enligt PED, EGN
3	Reducering av stresstestningstryck till drifttryck genom tömning		
4	Stabilisering	Så länge så att trycket håller sig inom en tolerans av 0,5 mbar under 5 minuter	Läcksökning enligt EGN
5	Precisionsmätning	30 minuter. Avvikelse på maximalt 2 mbar	

Metoden är begränsad till 0,5 m³ som max volym. Ledningen ska vara helt täckt av sand med minst 0,6 meter.

Metoden mäts med en precisionsmanometer som kan detektera 0,5 mbar förändring. Drifttryck är vanligtvis 4 barg för naturgasledningar och 1 barg för gasolledningar.

1.2 Syfte/Mål

Beskrivning och utvärdering av en ny metod² för täthetskontroll på objekt med dolda skarvar då volymen på testobjektet är mellan 0 – 24 m³. Målet är att bedöma om den nya metoden har likartad eller bättre precision än den metod som validerades och godkändes 2012 av Svenskt Gastekniskt Center AB avseende direktmätning med precisionsmanometer av volymer upp till 0,5 m³. Se kapitel 2.

Den nya metoden bedöms även i jämförelse med differenstryckprovningssmetoden³ som föreskrivs i EGN. Se kapitel 4 och Appendix B.

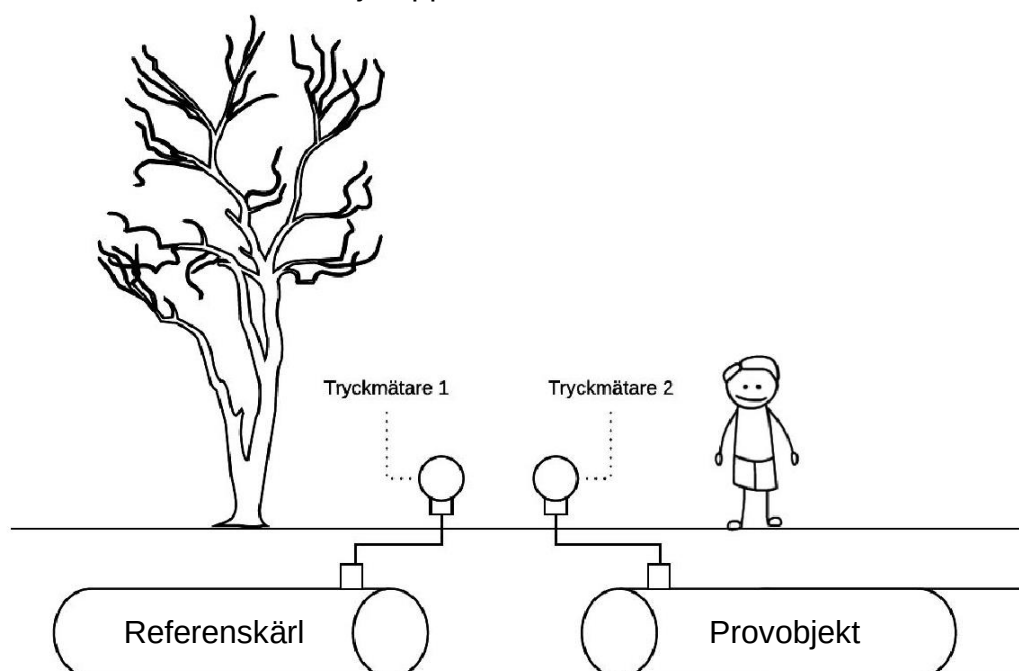
TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

1.3 Metodik

De parametrar som påverkar precisionen jämförs för olika mätvolymmer och metodens tillförlitlighet bedöms i förhållande till metoden med direktmätning med precisionsmanometer för volymer upp till 0,5 m³. Vidare genomförs två oberoende fälttest med den nya föreslagna metoden i samband med E.ON Gas Sveriges förläggning av 900 m gasledning utanför Bjuv. Här registreras även temperaturen i mark på det djup referenskärl och provobjekt är förlagda samt lufttemperaturen. Därutöver jämförs den nya metodens tillförlitlighet med differenstryckprovningssmetoden föreskriven i EGN baserat på toleransnivåer för godkännande och de parametrar som påverkar trycket.

2. Beskrivning av den nya föreslagna metoden

Den nya metoden bygger på att man gräver ned ett referenskärl på samma djup som provobjektet och mäter trycket samtidigt på båda systemen med precisionsmanometer (se Figur 1). Även utetemperaturen registreras. Utgångspunkten är att om temperaturen förändras så kommer trycket i provobjektet och referenskärllet att förändras på likartat sätt. Det vill säga om marktemperaturen ökar så kommer trycket att öka i båda systemen. På motsvarande sätt minskar trycket i båda system om marktemperaturen sjunker. Även den del av mätvolymen som utgörs av anslutningsrör och koppling till precisionsmanometern och manometern själv påverkas av omgivningstemperatur, solinstrålning och väderförhållanden. Genom samtidig mätning på båda system kan påverkan av dessa faktorer elimineras. Detta görs genom att titta på avvikelser i differenstryck mellan de två systemen. Metoden är beskriven i detalj i Appendix A.



Figur 1. Mätprincip för den nya föreslagna metoden.

När referenskärl och provobjekt är i termisk jämvikt med omgivningen, det vill säga att trycket håller sig inom en tolerans av 0,5 mbar mätt över en tidsperiod om 5 minuter, startar täthetskontrollen. Trycket mäts samtidigt i referenskärl och provobjekt och utetemperaturen registreras (se Tabell 2).

Tabell 2. Princip för ny metod.

	Tryck referenskärl	Tryck provobjekt	Utetemperatur
Starttid	X1	Y1	T1
Sluttid	X2	Y2	T2
Diff	$\text{Diff}_{\text{ref}} = X2 - X1$	$\text{Diff}_{\text{prov}} = Y2 - Y1$	$\text{Diff}_T = T2 - T1$
Om $\text{Diff}_{\text{prov}} - \text{Diff}_{\text{ref}} < \pm 2$ mbar och mättiden är anpassad till volymen samt att Diff_{ref} och $\text{Diff}_{\text{prov}}$ korrelerar till Diff_T har provobjektet klarat av täthetskontrollen.			

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

Genom att titta på avvikelsen mellan differenstrycket i provobjektet och referenskärlet kompenseras temperaturens inverkan under antagandet att referenskärl och provobjekt reagerar på likartat sätt på förändringar i marktemperatur, solinstrålning, omgivningstemperatur och andra yttre omständigheter. Metodens tillförlitlighet ökas genom att ytterligare ett villkor ska uppfyllas. När utetemperaturen faller mellan start och slut för täthetskontrollen ska trycket i provobjektet och referenskärlet vara antingen oförändrat eller lägre. På motsvarande sätt ska trycket vara oförändrat eller högre om utetemperaturen stigit. Det vill säga:

$\text{Diff}_{\text{prov}}$ och $\text{diff}_{\text{ref}} \leq 0$ om $\text{Diff}_T < 0$

$\text{Diff}_{\text{prov}}$ och $\text{diff}_{\text{ref}} \geq 0$ om $\text{Diff}_T > 0$

Temperaturkravet bidrar till minskad risk för att mätningen utförs innan provobjekt kommit i termisk jämvikt med omgivande mark och täckningsmaterial.

2.1 Utökade användningsområden

Då metoden med precisionsmanometer för volymer upp till 0,5 m³ har fallit väl ut är det önskvärt med en likartad metod för volymer större än 0,5 m³. Detta kan göras genom att öka mättiden, men med ökad mättid ökar temperaturens inverkan på provningen.

Därför måste temperaturförändringar som uppkommer antingen kompenseras för genom mätning av temperaturen och beräkning av dess inverkan eller genom att mäta mot ett referenskärl så som föreslås i den nya metoden.

Fördelen med ett referenskärl är att detta kärl naturligt följer samma temperaturförändringar som provobjektet.

Metoderna C-F nedan visar hur större volymer kan mätas under proportionellt längre tidperiod. Om volymerna är mycket små kan dessutom en metod A utföras. Det innebär att en förkortad mättid kan användas med bibehållen precision eftersom volymerna är mycket små.

En likartad eller bättre precision enligt SGC Rapport 2013:260 erhålls om följande parametrar ansätts enligt Tabell 3.

Tabell 3. Jämförelse av ny metod med referensmetoden för volymer upp till 0,5 m³ (metod B).

Metod	A	B	C	D	E	F
Volym	0,25 m ³	0,5 m³	1 m ³	2 m ³	4 m ³	24 m ³
Mättid	0,25 h (15 min)	0,5 h (30 min)	1 h (60 min)	2h	4h	24h
Temperaturkompensering	Krävs inte	Krävs inte	Referenskärl	Referenskärl	Referenskärl	Referenskärl
Metodens tillförlitlighet	Likartad som metod B	Metod enligt SGC Rapport 2013:260	Bättre än metod B då temperaturen kompenseras	Bättre än metod B då temperaturen kompenseras	Bättre än metod B då temperaturen kompenseras	Bättre än metod B då temperaturen kompenseras

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

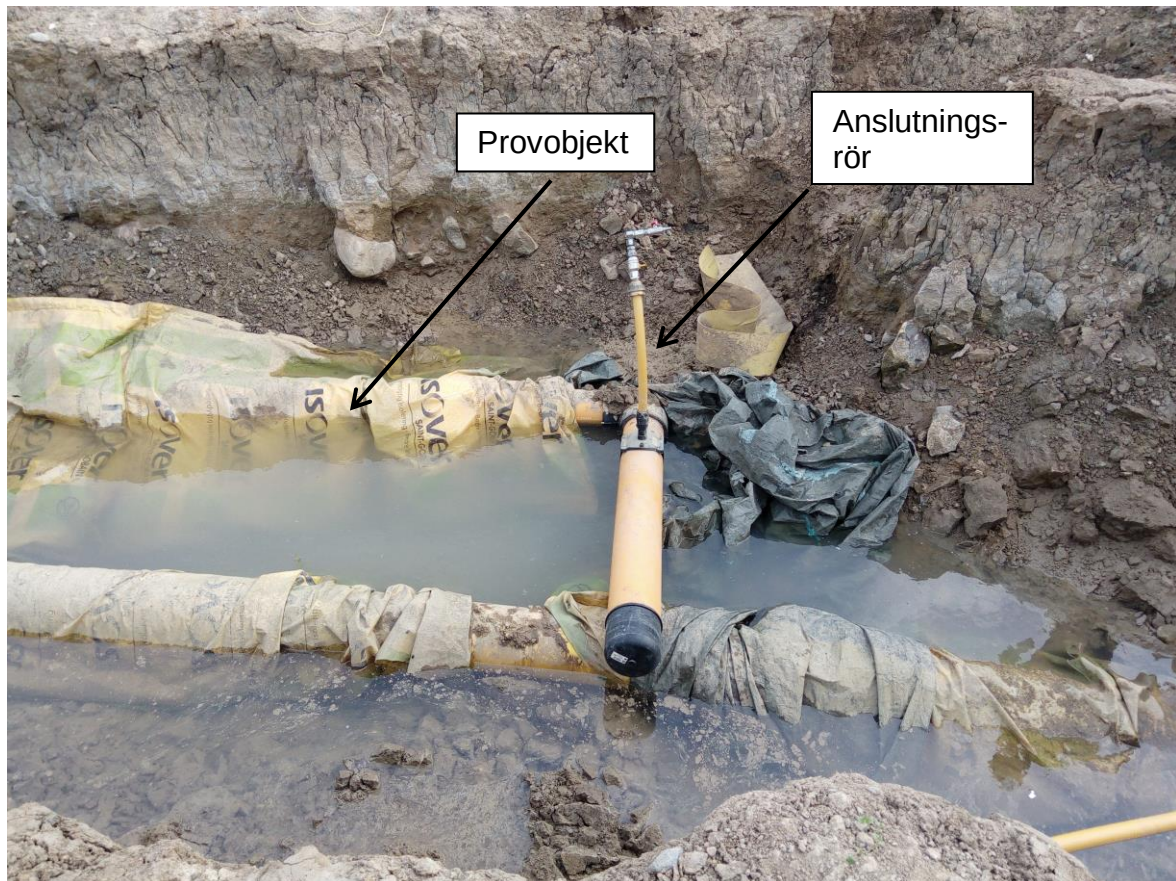
Observera att alla metoder kräver en stabiliseringstid innan mätningen påbörjas där trycket är helt stabilt i minst 5 minuter (förändring < 0,5 mbar). För volymer större än 0,5 m³ föreslås även att täthetskontrollen görs tidigast 12 timmar efter reducering av stresstestningstryck till drifttryck, för att säkerställa att provobjekt och referenskärl är i termisk jämvikt med omgivande jord och täckningsmaterial.

Slutsats:

Metod C, D, E och F är bättre metoder än referensmetoden. Metod A är likvärdig.

3. Fälttesten

Den 28 och 29 september samt 2 och 3 oktober 2017 genomfördes två fälttest utanför Bjuv med den nya metoden. Provobjektet var en 900 m lång gasledning med en ytterdiameter på 160 mm och en godstjocklek på 9,4 mm vilket ger en mätvolym på 14 m³. Ledningen var redan täthetskontrollerad och godkänd av Gunnar Sandström, Weldadvice Sweden AB som är ett erkänt tredjepartskontrollorgan.



Figur 1. Provobjektet är det 900 m långa gasrör vars ena ände syns i bakgrunden under plastpresenning. Provobjektet avslutas med ett vinkelrör där anslutningsröret för tryckmätning och täthetskontroll är påkopplat. Röret under presenning i förgrunden är den gasledning som provobjektet kommer att anslutas till.

Ett referenskärl med en längd på 1600 mm och samma diameter som provobjektet, det vill säga 160 mm ytterdiameter och en godstjocklek på 9,4 mm, var nedgrävt på 1 meters djup, samma djup som provobjektet ligger på. Referenskärlets volym är 0,025 m³.

Provobjektet och referenskärllet fylldes med kvävgas dagen innan det första fälttestet för att gasen skulle komma i termisk jämvikt med omgivande jordmassor.

En temperaturgivare grävdes ned i nära anslutning till referenskärllet på 1 meters djup samtidigt som utemperaturen mättes med två temperaturgivare under det

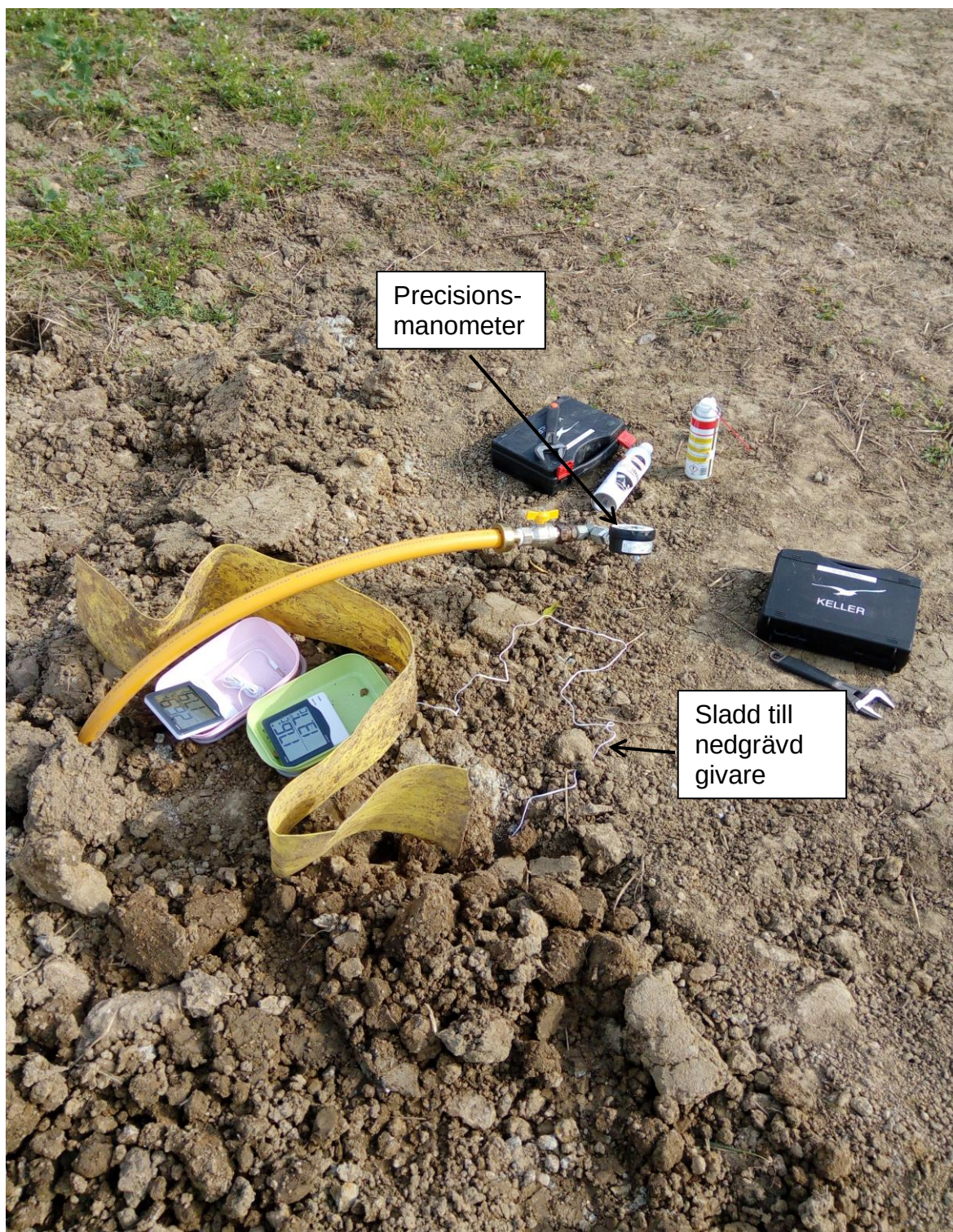
TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

första fälttestet, en i skugga och en som låg exponerad för solinstrålningen. Marken där temperaturgivaren grävdes ned bestod av lätt fuktig lera.



Figur 2. En temperaturgivare grävdes ned på 1 meters djup. På bilden syns anslutningsröret där precisionsmanometern kommer att anslutas.

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³



Figur 3. På bilden ses precisionsmanometern monterad på anslutningsröret och temperaturmätarna. De cylindriska burkarna innehåller läcksökningsspray.

Precisionsmätaren, LEX 1 från Keller har ett mätområde som går från 0 till 5 bar och ett visningsfel som är maximalt 0,01 % av fullt utslag, dvs 0,5 mbar. Mätaren har en upplösning på 0,1 mbar⁴.

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

Innan testmätningarna startades sprayades kopplingen mellan anslutningsrör och manometer både på provobjektet och referenskärlet med läcksökningsspray, för att säkerställa att det inte fanns något läckage där.

Notera att normalt kapas anslutningsröret i höjd med marknivån (referenskärlet) och provobjektet täcks med grus så att dess anslutningsrör nätt och jämnt sticker upp över täckningsmaterialet, men genom att exponera anslutningsrören för solinstrålning och vind utsattes mätmetoden för en form av forcerat test. Det vill säga att testet visar om metoden är tillräckligt robust för att klara av att hantera onormalt stor inverkan av solinstrålning, vind och omgivningstemperatur.

3.1 Första fälttestet

Ingen vindmätning gjordes men vinden uppskattades ligga mellan 5-10 m/s under det första fälttestet.

Under testet mättes följande parametrar: trycket i referenskärlet och i provobjektet, jordtemperaturen på 1 meters djup i nära anslutning till referenskärlet och luftens omgivningstemperatur, i skuggan och i solen. Vid 10:30 justerades trycket i referenskärlet genom påfyllning av kvävgas. Därefter inväntades att systemet stabiliserades så att trycket inte ändrades mer än 0,5 mbar under en 5-minuters period. Klockan 10:53 påbörjades täthetskontrollen (se Tabell 4).

Tabell 4. Data från det första fälttestets mätserie, 28-29 september 2017.

Tid	Tryck ref.kärl [mbar]	Tryck prov.obj. [mbar]	Jordtemp. 1 m djup [°C]	Lufttemp. Skugga [°C]	Lufttemp. Sol [°C]
28 september 2017					
10:53	4871,6	4976,6	13,8	15,2	-
11:40	4871,6	4976,6	13,8	16,6	-
12:38	4872,0	-	13,8	17,6	27,2
13:00	4872,2	-	13,8	18,4	28,8
13:22	-	4976,2	-	-	-
14:34	4870,8	4976,0	13,8	17,8	18,0
14:45	4871,0	4976,2	13,8	17,8	19,5
29 september 2017					
06:45	4867,4	4973,8	13,8	10,8	

Den nedgrävda temperaturgivaren på 1 meters djup visade att jordtemperaturen var stabil och hade ingen påverkan på tryckförändringar i referenskärlet. Solinstrålningen kan variera kraftigt och temperaturgivaren som var exponerad för solen visade temperaturer som låg mer än 10 °C högre än temperaturen i skuggan. Temperaturen i solen varierade snabbt och på bara några minuter kunde temperaturen skilja 4-5 °C beroende på om solen skymdes av moln eller ej. Notabelt var att när solinstrålningen ökade (se avläsning kl. 12:38 och 13:00) så ökade trycket i referenskärlet (ingen avläsning gjordes på provobjektet) vilket stämmer väl med antagandet att gasen i den del av anslutningsröret inklusive kopplingen till manometern som är exponerad för solstrålningen värms upp och expanderar. Notabelt är också att avläsningarna den 28 september ger en skillnaden i max- och mintryck för både referenskärl och provobjekt som ligger under gränsen om 2 mbar,

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

vilket skulle kunna tolkas som att man i detta fall hade kunnat göra en direktmätning på provobjektet utan referenskärl. Dock är den totala mättiden endast knappt 4 timmar vilket ska jämföras med 14 timmar som är den kortaste mättid som den nya föreslagna mätmetoden föreskriver då provobjektet har en volym om 14 m³.

För provobjektet är skillnaden mellan högsta och lägsta uppmätta tryck 0,6 mbar och mellan start- och slutvärdet 0,4 mbar, den 28 september. Tar man hänsyn till referenskärlat så ökar precision ännu mer då man kompenserar för temperaturens inverkan. Det vill säga att med skillnaderna mellan start- och stoppvärdena den 28 september enligt den föreslagna metoden blir differenstrycksavvikelsen 0,2 mbar, se Tabell 5, kolumn 6.

Tabell 5. Utfall från första fälttestets mätserie med ny metod.

Tid	Tryck ref.kärl [mbar]	Diff _{ref} [mbar]	Tryck prov.obj. [mbar]	Diff _{prov} [mbar]	Diff _{prov} - Diff _{ref} [mbar]	Utfall
28 september 2017						
10:53	4871,6	-	4976,6	-	-	Mättid <14 timmar
11:40	4871,6	0	4976,6	0	-	Mättid <14 timmar
12:38	4872,0	0,4	-	-	-	Mättid <14 timmar
13:00	4872,2	0,6	-	-	-	Mättid <14 timmar
13:22	-	-	4976,2	-0,4	-	Mättid <14 timmar
14:34	4870,8	-0,8	4976,0	-0,6	0,2	Mättid <14 timmar
14:45	4871,0	-0,6	4976,2	-0,4	0,2	Mättid <14 timmar
29 september 2017						
06:45	4867,4	-4,2	4973,8	-2,8	1,4	Uppfyller kravet Diff _{prov} -Diff _{ref} <2 mbar

3.2 Andra fälttestet

Det andra fälttestet genomfördes den 2 och 3 oktober. Initialt regnade det och endast en lufttemperatur uppmättes. Däremot grävdes ytterligare en temperaturgivare ned på 0,3 meters djup för att se om jordtemperaturen påverkades av förändringar i lufttemperaturen.

Tabell 6. Data från det andra fälttestets mätserie, 2 och 3 oktober 2017.

Tid	Tryck ref.kärl [mbar]	Tryck prov.obj. [mbar]	Jordtemp. 1 m djup [°C]	Jordtemp. 0,3 m djup [°C]	Lufttemp. [°C]
2 oktober 2017					
13:47	4842,6	4972,8	13,8	13,0	13,0
15:50	4843,6	4973,0	13,8	13,0	17,6
16:00	4843,6	4973,0	13,8	13,0	17,3
16:16	4844,0	4973,4	13,8	13,0	18,3
3 oktober 2017					
05:45	4839,4	4971,4	13,8	13,3	8,3

Notabelt är att jordtemperaturen på 1 meters djup fortfarande låg stabilt på 13,8 °C under hela perioden från 28 september till 3 oktober. Jordtemperaturen på 0,3 me-

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

ters djup ökade dock från 13,0 °C till 13,3 °C trots att lufttemperaturen sjönk från 13,0 °C till 8,3 °C. Sannolikt är det så att täckningsmaterialet närmast temperaturgivaren, bestående av den uppgrävda jorden, höll ca 13,0 °C och att omgivande orörd jord var varmare. Det förklarar varför temperaturgivaren på 0,3 meters djup kan registrera en ökad temperatur samtidigt som lufttemperaturen faller med nästan 5 °C. Det vill säga att det finns en termisk tröghet innan den uppgrävda jorden kommer i termisk jämvikt med den orörda omgivande jorden. Detta är en potentiell felkälla vid nedgrävning av referenskärl och provobjekt om man börjar täthetskontrollen innan omgivande jord, provobjekt, referenskärl och täckningsmassor kommer i termisk jämvikt. Genom att lägga på ett temperaturkrav, det vill säga att trycket i provobjekt och referenskärl korrelerar mot förändring i utetemperatur minskas denna risk.

Tabell 7. Utfall från andra fälttestets mätserie med ny metod.

Tid	Tryck ref.kärl [mbar]	Diff _{ref} [mbar]	Tryck prov.obj. [mbar]	Diff _{prov} [mbar]	Diff _{prov} - Diff _{ref} [mbar]	Utfall
2 oktober 2017						
13:47	4842,6	-	4972,8	-	-	Mättid <14 timmar
15:50	4843,6	1,0	4973,0	0,2	-0,8	Mättid <14 timmar
16:00	4843,6	1,0	4973,0	0,2	-0,8	Mättid <14 timmar
16:16	4844,0	1,4	4973,4	0,6	-0,8	Mättid <14 timmar
3 oktober 2017						
05:45	4839,4	-3,2	4971,4	-1,4	1,8	Godkänd enligt ny metod*

* Utöver kravet om $\text{Diff}_{\text{prov}} - \text{Diff}_{\text{ref}} < 2$ mbar så har trycket fallit i både referenskärl och provobjekt samtidigt som utetemperaturen gått från 13,0 °C vid provmätningens start till 8,3 °C vid dess slut.

3.3 Slutsatser av fälttesten

Fälttesten styrker de argument som den föreslagna metoden bygger på. Det vill säga att referenskärl och provobjekt uppför sig på likartat sätt. Trycket står stilla, sjunker eller ökar samtidigt i båda system. Detta ger större precision i mätningen med den föreslagna metoden där inverkan av temperaturen på grund av solinstrålning, vindavkylning och ökad eller minskad omgivningstemperatur kompenseras för genom att titta på avvikelsen i differensen mellan start- och sluttryck för referenskärl respektive provobjekt. Störst inverkan verkar solinstrålning och omgivningstemperatur ha och det är viktigt att anslutningsrören för precisionsmanometrarna är kapade i höjd med marken eller marktäckningsmaterialet, och att manometern är i skugga om möjligt.

Metoden är avsedd för provobjekt som ligger på minst 0,6 meters djup. Jordtemperaturen på detta djup verkar vara mycket stabil och förväntas inte ge upphov till några tryckförändringar. Dock ska man vara observant på att täckningsmassorna verkligen hunnit komma i termisk jämvikt med den orörda jorden.

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

4. Jämförelse med differenstrycksmetoden föreskriven i EGN

Då både den nya föreslagna metoden och differenstrycksmetoden föreskriven i EGN kompenserar för temperaturen kan metoderna jämföras baserat på följande parametrar:

Mätvolym	Ju större volym desto längre mättid krävs för att detektera ett läckage, alternativt en snävare tolerans för godkännande
Mättid	Ju längre provtid desto lättare att detektera ett läckage
Tolerans	Ju snävare tolerans för godkännande desto lägre risk att läckage förblir oupptäckta

Med dessa tre parametrar kan ett noggrannhetsindex, N_i , konstrueras som tillåter jämförelse av olika metoder

$$N_i = \frac{\text{Tolerans} \cdot \text{Mätvolym}}{\text{Mättid}}$$

Ju lägre värde på noggrannhetsindexet desto bättre tillförlitlighet. Det vill säga ju lägre tolerans, mindre mätvolym och längre mättid desto bättre noggrannhet.

Tabell 8. Noggrannhetsindex för mätmetod föreskriven i EGN.

Metod enl. EGN			
Mätvolym 2 m ³	Tolerans 50 mbar	Mättid 12 h	$N_i = 8,33$
Mätvolym 4 m ³	Tolerans 47 mbar	Mättid 12 h	$N_i = 15,67$
Mätvolym 24 m ³	Tolerans 15 mbar	Mättid 12 h	$N_i = 30,00$

Tabell 9. Noggrannhetsindex för ny mätmetod.

Ny metod			
Mätvolym 2 m ³	Tolerans 2 mbar	Mättid 2 h	$N_i = 2,00$
Mätvolym 4 m ³	Tolerans 2 mbar	Mättid 4 h	$N_i = 2,00$
Mätvolym 24 m ³	Tolerans 2 mbar	Mättid 24 h	$N_i = 2,00$

Noggrannhetsindexet för den nya metoden är mycket lägre än för metoden föreskriven i EGN (se Tabell 8 och 9). Skillnaden blir större och större i takt med ökad mätvolym. Den nya metoden innebär således ett hårdare krav för godkännande.

Slutsatsen är att den nya metoden är mer tillförlitlig än metoden föreskriven i EGN. Se även Appendix B där trycksänkning genom gasläckage beräknats.

TRYCKPROVNING AV VOLYM UPP TILL 24 M³

5. Referenser

¹ Held, J. et al. Ny metod för täthetskontroll av gasledningar. SGC Rapport 2013:260. Svenskt Gas-tekniskt Center AB, 2013.

² Nilsson, T. Tryckprovning – Volym upp till 24 m³. AB Gas och Värmeteknik 2017. Daterad 2017-12-05.

³ Energigasnormen, Energigas Sverige 2017.

⁴ Keller AG für Druckmessertechnik. Datablad "Highly Precise Digital Manometer Lex 1".

APPENDIX A

Beskrivning av ny mätmetod

Jörgen Held
Baltic Energy Innovation Centre

Användningsområde

Metoden är utvecklad för tryckprovning av provobjekt med dolda skarvar och volymer upp till 24 m^3 .

Krav

Referenskärl ska vara nedgrävt i likartade massor och på samma djup som provobjektet. Dess geometri måste i stort likna provobjektet. Referenskärls ska därför ha motsvarande diameter och godstjocklek som provobjektet med en längd som minst är 10 gånger längre än diametern. Om provobjektet innehåller flera olika diametrar ska referenskärls diameter vara en medeldiameter (eller närmast större än medeldiameter) av provobjektet. Referenskärls längd får vara längre än tio gånger diametern men inte mindre.

Både referenskärl och provobjekt ska vara täckta med minst 60 cm täckningsmaterial. Slangen som förbinder referenskärl med manometern får maximalt vara 32 mm i diameter och maximalt 0,2 m ovan mark. Slangen får inte utsättas för direkt solljus under mätningen.

Precisionsmanometrar ska vara skyddade från solinstrålning och nederbörd.

Provning påbörjas tidigast 12 timmar efter det att stresstestningstrycket ($1,43 \times$ beräkningstrycket) reducerats till beräkningstrycket, för att provsystemet, omgivande jord och täckningsmaterial ska komma i termisk jämvikt.

Förfarande

Steg 1: Tryckhöjning till $1,43 \times$ beräkningstrycket (stresstest).

Steg 2: Vänta minst 12 timmar för att systemet ska komma i termisk jämvikt med omgivande jord och täckningsmassor

Steg 3: Kontrollera att referenskärl är tätt via direktmätning med precisionsmanometer under 15 minuter (volym $< 0,25 \text{ m}^3$).

Steg 4: Påbörja täthetskontroll, mättiden beror på provobjektets volym

Steg 5: Avsluta täthetskontroll

Steg 6: Beräkna differenstryck i referenskärl (diff_{ref}) respektive provobjekt ($\text{diff}_{\text{prov}}$) genom att ta starttryck - sluttryck.

Steg 7: Beräkna differenstrycksavvikelsen genom att ta skillnaden mellan differenstryck i provobjekt och differenstryck i referenskärl ($\text{avvikelse} = \text{diff}_{\text{prov}} - \text{diff}_{\text{ref}}$).

Godkännande

Täthetskontrollen är godkänd då differenstrycksavvikelsen ($\text{diff}_{\text{prov}} - \text{diff}_{\text{ref}}$) är $< 2 \text{ mbar}$ under föreskriven mättid och tryckförändringen i referenskärl och provobjekt överensstämmer med förändring i utetemperatur. Det vill säga, om utetemperaturen fallit mellan provningens start och slut ska trycket i referenskärl och provobjekt vara oförändrat eller ha fallit, om utetemperaturen ökat ska trycket i referenskärl och provobjekt vara oförändrat eller ha ökat. Det senare kravet reducerar risken för att täckningsmaterial, omgivande jord och provsystem inte var i termisk jämvikt när provningen startade.

Översiktlig beskrivning av ingående moment. För mer detaljerad beskrivning se Tryckprovning – Volym upp till 24 m³.

Referenskärl		Provobjekt
Tryckhöjning 1,43 x beräkningstrycket med riskbedömning		Tryckhöjning 1,43 x beräkningstrycket med riskbedömning
Reducering av stresstestningstryck till drifttryck.		Reducering av stresstestningstryck till drifttryck.
Vänta minst 12 timmar.		Vänta minst 12 timmar.
Läcksökningsspray där manometer och avstängningsventil är anslutna	Kontroll att referens-kärl är tätt.	
Godkänd provning av referenskärlet i 15 minuter: Beräkna differenstrycket. Om tryckändringen < 2mbar = godkänt		
Läcksökningsspray där manometer och avstängningsventil är anslutna		Läcksökningsspray där manometer och avstängningsventil är anslutna
Registrera utetemperatur och avläs starttryck i referenskärl	Täthets-kontroll.	Registrera utetemperatur och avläs starttryck i provobjekt
När 30 minuter återstår av föreskriven provtid. Läcksökningsspray där manometer och avstängningsventil är anslutna Godkänd provning i 30 minuter: Beräkna differenstrycket. Om < 2mbar = godkänt	Provtiden beror på prov-objektets volym.	
Läcksökningsspray där manometer och avstängningsventil är anslutna	Provtiden är 1 timme per m ³ volym.	Läcksökningsspray där manometer och avstängningsventil är anslutna
Registrera utetemperatur och avläs sluttryck		Registrera utetemperatur och avläs sluttryck
Beräkna $\text{diff}_{\text{ref}} = \text{starttryck} - \text{sluttryck}$ i referenskärlet		Beräkna $\text{diff}_{\text{prov}} = \text{starttryck} - \text{sluttryck}$ i provobjektet
Om $\text{diff}_{\text{prov}} - \text{diff}_{\text{ref}} < 2\text{mbar}$ och tryckförändringen i referenskärl och provobjekt överensstämmer med förändring i utetemperatur = godkänt		

APPENDIX B

Trycksänkning på grund av gasläckage

Jörgen Held
Baltic Energy Innovation Centre

Täthetskontroll

I den här utvärderingen jämförs en ny mätmetod utvecklad för tryckprovning och täthetskontroll av provobjekt med dolda skarvar och volymer upp till 24 m³ med differenstrycksmetoden beskriven i EGN.

Tabell 1. Parametrar vid täthetskontroll av volym på 24 m³.

	Mättid	Tryck	Tolerans
Ny metod	24 h	5000 mbar absolut	2 mbar
Differenstrycksmetoden	12 h	8150 mbar* absolut	15 mbar

* Drifttryck 4 barg, konstruktionstryck 5 barg och provtryck $1.43 \times 5 \text{ barg} = 7.15 \text{ barg} = 8150 \text{ mbar}$ absolut

Trycksänkning på grund av gasläckage för mätobjekt med en volym på 24m³

Då metoderna använder sig av olika tryck i mätobjektet är det lättare att prata om hur stor gasvolym som kan lämna mätobjektet innan täthetskontrollen resulterar i icke godkänt. Här förutsätts att mätgasen (luft eller kväve) uppträder som en ideal gas och att gasens temperatur i mätobjektet är konstant under mätperioden.

För att trycket ska sjunka med 2 mbar genom läckage vid mätning med den nya metoden ska 2/5000 av volymen ha läckt ut, dvs 9.6 liter gas vid 5000 mbars tryck. För att trycket ska sjunka med 15 mbar genom läckage vid mätning med differenstrycksmetoden ska 15/8150 av volymen ha läckt ut, dvs 44.2 liter gas vid 8150 mbars tryck.

Notera att gasläckaget med differenstrycksmetoden sker på halva tiden jämfört med den nya metoden. Det vill säga för den nya metoden tillåts endast 4.8 liter gas med 5000 mbars tryck ha lämnat provobjektet efter 12 h.

Om gastemperaturen i provobjektet för enkelhets skull antas vara 0 °C kan gasvolymerna enkelt räknas om till normalkubikmeter (0 °C och 1013,25 mbar) eller rättare sagt normalkubikliter, enligt tabell 2.

Tabell 2. Gasläckage innan mätobjekt underkänns vid täthetskontroll av volym på 24 m³.

	Gasläckage innan underkänt	Gasläckage i normalkubikliter	Gasläckageflöde
Ny metod	9.6 liter gas @5000 mbar	47.3 liter @1013.25 mbar	1.97 normalkubikliter/h
Differenstrycksmetoden	44.2 liter gas @8150 mbar	355.5 liter @1013.25 mbar	29.6 normalkubikliter/h

Om differenstrycksmetoden utförs vid 5000 mbar absolut blir motsvarande gasläckage exakt det samma, det vill säga 355.5 normalkubikliter och gasläckageflödet 29.6 normalkubikliter per timme. Det beror på att en proportionellt större gasvolym måste läcka ut vid lägre tryck i provobjektet för att förändringen fortfarande ska bli 15 mbar. Å andra sidan har den utläckta gasen ett lägre tryck vilket omräknat till referenstillståndet 0 °C och 1013.25 mbar gör att utläckt volym gas uttryckt i

normalkubikliter är oberoende av trycket i provobjektet. Notera dock att det inte är samma sak som att gasläckaget blir det samma om man höjer trycket från t.ex. 5000 mbar till 8150 mbar för ett gasrör som läcker. Hålet eller sprickan där det läcker ut måste vara mindre och mindre ju högre trycket i provobjektet är för att gasläckageflödet ska vara det samma.

Slutsats

Den nya metodens krav är mycket hårdare än för differenstrycksmetoden beskriven i EGN. Differenstrycksmetoden tillåter en 15 gånger så stor gasvolym uttryckt i normalkubikliter strömma ut per tidsenhet innan provobjektet underkänns.

ISSN 2001-6255



9 772001 625018