



Ny metod för täthetskontroll av gasledningar

(New method for tightness control of gas pipes)

Jörgen Held, Tobas Persson, Valdrin Erlisi

*"Catalyzing energygas development
for sustainable solutions"*

© Svenskt Gastekniskt Center AB

Svenskt Gastekniskt Center/Swedish Gas Technology Centre
Scheelegatan 3
SE-211 28 MALMÖ
+46 40 6800760
info@sgc.se
www.sgc.se

Denna rapport är tryckt på papperskvaliteten MultiDesign Ivory 240 g/m² (pärm) samt 90 g/m² (inlaga). Vårt val av papper är mycket medvetet. MultiDesign Ivory är tillverkat av VIDA Paper AB i Lessebo i Småland. Pappersmassan utgörs av svensk granvedsråvara, förvaltd i enlighet med PEFC, som framställts till massa med hjälp av en sur magnesiumbisulfitprocess följd av väterperoxidblekning (TCF). Pappret är fritt från optiska vitmedel (OBA), vilka oftast är fossilbaserade. Inte heller är pappret bestruket med något icke-förnybart mineral. Papprets CIE-vithet är 60. Denna svaga gulon ger bästa möjliga läsbarhet och innebär jämfört med ett kritvitt papper en kostnadseffektivare produktion och en avsevärt lägre miljöpåverkan vid massablekningen.

Tryckt av Lunds kommun, Serviceförvaltningen, Lund 2013
ISSN 1102-7371

Svenskt Gastekniskt Center AB, SGC

Om SGC

SGC är ett spjutspetsföretag inom hållbar utveckling med ett nationellt uppdrag. Vi arbetar under devisen "*Catalyzing energygas development for sustainable solutions*". Vi samordnar branschgemensam utveckling kring framställning, distribution och användning av energigaser och sprider kunskap om energigaser. Fokus ligger på förnybara gaser från rötning och förgasning. Tillsammans med företag och med Energimyndigheten och dess kollektivforskningsprogram *Energigastekniskt utvecklingsprogram* utvecklar vi nya möjligheter för energigaserna att bidra till ett hållbart samhälle. Tillsammans med våra programråd inom *Rötning, Förgasning och bränslesyntes, Distribution och lagring, Kraft/Värme* och *Gasformiga drivmedel* identifierar vi frågeställningar av branschgemensamt intresse att genomföra forsknings-, utvecklings och/eller demonstrationsprojekt kring. Beslut om eventuell statlig medfinansiering från Energimyndigheten fattas av den externa Beslutsnämnden inom ramen för kollektivforskningsprogrammet som f.n. löper under tiden 090401–130331.

Resultaten från projekt drivna av SGC publiceras i en särskild rapportserie – *SGC Rapport*. Rapporterna kan laddas ned från hemsidan – www.sgc.se. Det är också möjligt att prenumerera på de tryckta rapporterna. SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll.

SGC ger också ut faktabroschyrer kring olika aspekter av energigasers framställning, distribution och användning. Broschyrer kan köpas via SGC:s kansli.

SGC har sedan starten 1990 sitt säte i Malmö. Vi ägs av Eon Gas Sverige AB, Energi-gas Sverige, Swedegas AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energikoncernen AB (publ) och Öresundskraft AB.

Finansiering av det här projektet

Det här projektet har finansierats av Distributionsgruppen via SGC:s Allmänna projektkassa.

Malmö 2013



Martin Ragnar
Verkställande direktör

Swedish Gas Technology Centre, SGC

About SGC

SGC is a leading-edge company within the field of sustainable development having a national Swedish assignment. We work under the vision of "*Catalyzing energygas development for sustainable solutions*". We co-ordinate technical development including manufacture, distribution and utilization of energy gases and spread knowledge on energy gases. Focus is on renewable gases from anaerobic digestion and gasification. Together with private companies and the Swedish Energy Agency and its frame program *Development program for energy gas technology* we develop new solutions where the energygases could provide benefits for a sustainable society. Together with our program committees within *Anaerobic digestion*, *Gasification and fuel synthesis*, *Distribution and storage*, *Power/Heat* and *Gaseous fuels* we identify issues of joint interest for the industry to build common research, development and/or demonstrations projects around. Decisions on any financial support from the Swedish Energy Agency are made by the external Beslutsnämnden within the frame program that currently runs 090401–130331.

Results from the SGC projects are published in a report series – *SGC Rapport*. The reports could be downloaded from our website – www.sgc.se. It is also possible to subscribe to the printed reports. SGC is responsible for the publishing of the reports, whereas the authors of the report are responsible for the content of the reports.

SGC also publishes fact brochures and the results from our research projects in the report series *SGC Rapport*. Brochures could be purchase from the webiste.

SGC is since the start in 1990 located to Malmö. We are owned by Eon Gas Sverige AB, Energigas Sverige, Swedegas AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energikoncernen AB (publ) and Öresundskraft AB.

Financing of this project

This project has been financed by the Distribution group through SGC's "Allmänna projektkassa".

Malmö, Sweden 2013



Martin Ragnar
Chief Executive Officer



Förord

SGC har fått i uppdrag att undersöka, bedöma och jämföra en ny metod, baserad på precisionsmätning, med den gamla metoden, baserad på differenstryckmätning, för täthetskontroll av gasrör med en volym under 0,5 m³. Uppdragsgivare är programgruppen för Distribution och lagringsteknik som även fungerat som referensgrupp.

Projektet påbörjades 2011 av Valdrin Erlisi, SGC. Därefter engagerades Jörgen Held, Renewable Energy Technology International AB på konsultbasis som projektledare för att slutföra projektet. Under det jämförande mättestet som utfördes under maj 2012 deltog Tobias Persson, SGC. Tobias Persson har även bidragit med värdefulla synpunkter och granskning av slutrapporten.

Projektarbetet har genomförts i form av litteraturstudier, intervjuer och deltagande vid täthetskontroller i fält. Därutöver har ett oberoende mätförsök genomförts där den nya metoden för täthetskontroll jämförts med den gamla metoden.



Summary

SGC has on behalf of the program group for Distribution and storage technology compared two methods of tightness testing, a new method, based on precision metering, and the old method based on differential pressure metering. The work has been carried out by SGC's own staff, and by Jörgen Held, Renewable Energy Technology International Ltd who was engaged as the project leader on a consultant basis.

Information was collected through literature studies, interviews with people who perform tightness testing and participation in tightness controls in the field. In addition, a tightness test in which the new method was compared with the old method was performed.

During the project the following was concluded

- The old method requires a greater understanding for the parameters that can affect the measurement result.
- Solar radiation may affect the tightness test results in differential pressure metering even for short measuring times, especially if the tightness tested volume is small.
- The new method eliminates a number of potential sources of error (e.g. the risk for temperature changes in the reference vessel, less connections and less volume that may be affected by solar radiation).
- The requirements regarding the measured volume, the time for the measurement and the allowed pressure change are more strict for the new method compared to the old one.
- The equipment for the new method weighs less and is perceived as easier to handle than the equipment for the old method.
- The equipment for the new method has a size that allows the equipment to be applied and locked in the customers meter cabinet while the equipment of the old method is normally exposed to the surrounding environment.
- The precision meter is more sensitive to moisture than the differential pressure meter, however there is a special plastic cover to be used in case of rain.
- The cost of the two devices is in the same range, approx 10,000 SEK.



Sammanfattning på svenska

SGC har på uppdrag av programgruppen för programområde Distribution och lagringsteknik jämfört två metoder för täthetskontroll, dels en ny metod, baserad på precisionsmätning, dels den gamla metoden som baseras på differenstryckmätning. Arbetet har utförts dels av Jörgen Held, Renewable Energy Technology International AB som engagerats som projektledare, på konsultbasis, dels av Tobias Persson och Valdrin Erlisi, SGC.

Information har inhämtats via litteraturstudier, intervjuer med personer som utför täthetskontroll och deltagande vid täthetskontroller i fält. Därutöver har ett täthetskontrolltest där den nya metoden jämfördes med den gamla metoden utförts av Jörgen Held och Tobias Persson.

Under projektets gång har följande konstaterats

- Den gamla metoden kräver en större förståelse för de parametrar som kan påverka mätresultatet.
- Solstrålning kan påverka mätresultatet vid differenstryckmätning även vid korta mättider, speciellt om mätobjektets volym är liten.
- Med den nya metoden elimineras ett antal potentiella felkällor (t.ex. risken för temperaturförändringar i referensbehållaren, färre anslutningar och mindre volym som kan påverkas av solstrålning).
- Den nya metodens krav med avseende på mättid, mätvolym och tillåten tryckförändring är hårdare än för den gamla metoden.
- Utrustningen för den nya metoden väger mindre och upplevs som lättare att hantera än utrustningen för den gamla metoden.
- Utrustningen för den nya metoden har en storlek som möjliggör applicering och inlåsning i abonnentcentralen under mätttest medan utrustningen för den gamla metoden normalt är exponerad för omgivningen.
- Kostnaden för de båda utrustningarna är ungefär densamma, ca 10 000 kr.





Innehåll

1. Bakgrund.....	8
2. Metodbeskrivning	14
3. Resultat och diskussion.....	20
4. Slutsatser	22
5. Tack	23



1. Bakgrund

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) är den centrala myndigheten för efterlevnad av lagen och förordningen om brandfarliga och explosiva varor samt de föreskrifter som meddelats med stöd av förordningen.

Regeringens förordning om brandfarliga och explosiva varor och MSB:s föreskrifter ger möjligheter att för naturgas, biogas och gasol i gasfas ersätta kravet på tillstånd med andra krav. En av förutsättningarna är att man följer ett regelverk utarbetat i samråd med MSB. Energigasnormer¹ (EGN) som utarbetats av Energigas Sveriges Säkerhets- och teknikkommitté är ett sådant regelverk.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter ställer krav på besiktning av trycksatta anordningar² och för att testa om en gasledning tål ett visst tryck och inte läcker gas i skarvarna tillämpas tryckprovning och täthetskontroll. Tryckprov och täthetskontroll får utföras som differenstryckprovning enligt avsnitt 15.4.4 eller tryckprov och täthetskontroll enligt avsnitt 15.4.5 (när skarvarna är synliga) i EGN 2011. Vid differenstryckprovning ska provtrycket vara minst 1,43 x beräkningstrycket och provtiden minst 12 timmar räknat från ett stabilt förhållande avseende det temperaturkorrigerade differenstrycket. Antal och placering av temperaturgivare ska vara tillräckligt för att avgöra om tryckförändringar beror på läckage eller temperaturförändringar.

Följande alternativ till differenstryckprovning kan användas när skarvarna är synliga. Tryckprovningen görs under minst 20 minuter. Täthetskontroll görs därefter med läcksökningsvätska vid 1,5 x drifttrycket, dock max 0,3 bar.

Det står inget om tryckprovning och täthetskontroll av gasledningar med en volym mindre än 1 eller 0,5 m³ i EGN 2011. Däremot finns följande formulering att läsa under differenstryckprovning baserad på 12 timmar och temperaturkorrigering:

"Provtiden får vara kortare om teknik tillämpas som ger minst likvärdig noggrannhet. Sådan teknik ska godkännas av distributören".

I en tidigare utgåva³ av Energigasnormer (EGN 94) fanns följande formulering att läsa under avsnitt 15.6.1.3 Provning av tillkommande ledningar:

"Tillkommande ledningsdel till driftsatt nät får provtryckas minst 20 min. om sammanlagd volym ej överstiger 1 m³. I volymen behöver ej servisledning DN 50 resp. D_e 63 eller mindre inräknas. Efter tryckprovning skall täthetskontroll utföras. Täthetskontroll får utföras som differenstryckprovning med förkortad provtid efter godkännande av distributören eller föreståndaren."

I en annan anvisning⁴, om biogasanläggningar, är anvisningarna utformade för att ge en säker anläggning enligt svenska myndighetskrav. Där kan man läsa under avsnitt 17.10.7 Täthetskontroll:

"Täthetskontroll kan utföras på olika sätt. I en del system kan en enklare kontroll ske genom att systemets trycksätts till normalt arbetstryck med alla förbrukningsanslutningar stängda. Tryckfallet i systemet över tiden följs via befintliga tryckmätare."

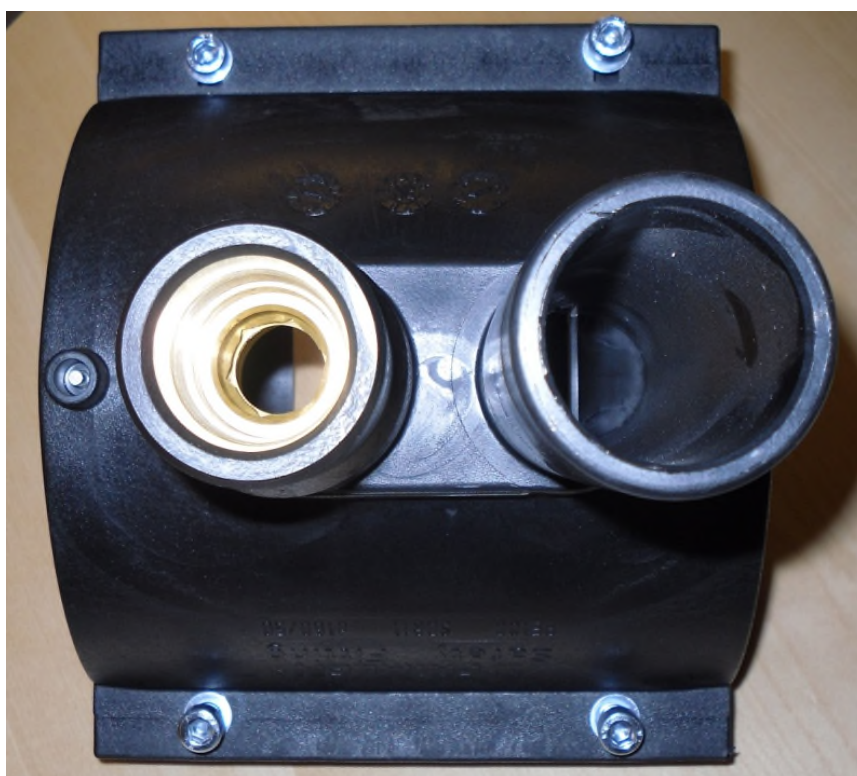


Alternativt kan täthetskontroll utföras via manuell läcksökning, där läckande gas spåras genom användning av till exempel såpvatten. Såpvattnet anbringas då direkt på ledningen och läckage spåras via bubblor.

Ett tredje alternativ är användning av direktvisande gasmättningsinstrument.”

För tryckprovning och täthetskontroll av gasledningar upp till 4 bar och med en volym mindre än 1 m³ har följande metod använts. Tryckprovning vid 1,43 x beräkningstrycket, dvs 5,8 bar för en 4 bars-ledning, under 20 minuter. Därefter görs en täthetskontroll via förenklad differenstryckmätning under 20 minuter om det finns skarvar som inte är synliga. För godkänd täthetskontroll har branschen ett muntligt acceptanskrav på en maximal förändring av differenstrycket om 5 mbar. Ingen temperaturmätning görs då förändringar i omgivningstemperaturen har ansetts försumbara på grund av den korta mättiden. Med den föreslagna nya metoden för volym mindre än 0,5 m³ utförs tryckprovningen vid 1,43 x beräkningstrycket i minst 30 minuter. Därefter sänks trycket till driftrycket och täthetskontroll görs med precisionsmanometer under 30 minuter. Acceptanskravet föreslås vara 2 mbar.

För att tryck- och täthetskontrollera rörledningen enligt ovan krävs att den är tillsluten så att volymen ej överskrider 1 m³ (gammal metod) respektive 0,5 m³ (ny metod). Tillslutning kan göras med tryckanbörningssadel eller ändhuv.



Figur 1. På bilden ses en tryckanbörningssadel. Sadeln appliceras på en gasledning och sedan kan en grenledning anslutas (höger uttag). Genom att skruva ner skärverktyget med en insexnyckel (vänster uttag) tas ett hål upp in till gasförande ledning. Den utskurna plastbiten fungerar som ett lock när skärverktyget skruvas upp igen. Slutligen skruvas ett tätslutande lock på plats.



Med tryckanbörningssadel provtrycks och täthetskontrolleras grenledningen mot utsidan av röret som anbörningssadel är applicerad på. När provtryck och täthetskontroll är genomförda görs hålet in till den gasförande ledningen. Läcksvätska appliceras sedan för att säkerställa att inget läckage förekommer i tryckanbörningssadeln.

Ett annat alternativ är att plugga igen röret, som ska provtryckas och täthetskontrolleras, med en ändhuv. Efter det att provtryck och täthetskontroll genomförts kapas ändhuvens av och röret skarvas med hjälp av en skarvmuff till en anslutande ledning eller avstick. Därefter täthetskontrolleras skarven med hjälp av läcksvätska. Till skillnad från metoden med anbörningssadel kan ledningen eller avsticket, som det täthetskontrollerade röret ska anslutas till, inte vara trycksatt när själva anslutningen görs.



Figur 2. På bilden ses en skarvmuff.

Tryckprovning och täthetskontroll av gasrör med en volym under 0,5 respektive 1 m³ motsvarar beroende på diameter olika rörlängder, se tabell 1. För beräkning har maximal ytt diameter och minsta godstjocklek enligt EGN 2011 för PE-rör SDR 11 använts. SDR står för *Standard Dimension Ratio* och är kvoten mellan utvärdig diameter och godstjocklek.

Tabell 1. Max rörlängd som funktion av rörets diameter.

PE-rör, SDR 11 Ytt diameter [mm]	Volym 1 m ³ max rörlängd [m]	Volym 0,5 m ³ max rörlängd [m]
63	475	237
90	230	115
125	120	60
160	73	36



Mätvolym, mättid, tillåten förändring och mättryck

Det finns en relation mellan mätvolym, mättid, mättryck och tillåten förändring i tryck. Antag att mätobjekt A har en volym som är dubbelt så stor som den volym mätobjekt B har. Om båda läcker exakt lika mycket kommer tryckförändringen vara hälften så stor i mätobjekt A som i mätobjekt B för samma mättid under antagandet att gasen uppför sig som en ideal gas. Tryckförändringen blir naturligtvis mindre ju kortare mättiden är, eftersom mindre gas hinner läcka ut. Det innebär att små volymer kan ha kortare mättid än stora volymer för samma noggrannhet.

Trycket som mätningen utförs vid spelar också en roll. Om det finns en läcka kommer det att läcka ut mer ju högre mättrycket är. Hastigheten på den utströmmande gasen är beroende på tryckskillnaden, det vill säga skillnaden mellan trycket i mätvolymen och trycket utanför.

Beskrivning av täthetskontroll med förenklad differenstryckmätning för volym $< 1\text{m}^3$

Principen är enkel. Trycket i differenstryckutrustningens referensbehållare jämförs med trycket i ett mätobjekt via en differenstryckmanometer. Om det finns läckage i mätobjektet kommer det att visa sig genom att differenstrycket förändras.



Figur 3. På bilden ses utrustning för differenstryckmätning. Referensbehållaren finns inuti lådan bakom mätartavlorna.

För att kunna mäta trycket i mätobjektet måste det trycksättas med luft eller en inert gas (t.ex. kväve). Alla synliga skarvar sprayas med läcksökningsvätska som bubblar och bildar ett skum vid läckage. Referensbehållaren kopplas ihop med aktuell mätvolym via en bypass-ventil. När trycket utjämnats stängs bypass-ventilen. Om differenstryckmätaren ställs in så att den visar ett värde större än 0



mbar (t.ex. 10 mbar) när trycket är det samma i referensbehållaren och mätvolymen, kan både ökat och minskat differenstryck detekteras.

Differenstryckmätningen utförs under minst 20 minuter och om förändring i differenstryck är mindre än 5 mbar anses den testade mätvolymen vara godkänd och utan läckage.

Differenstrycket minskar om trycket i referensbehållaren minskar eller trycket i mätvolymen ökar. Trycket i referensbehållaren kan minska om gasen i densamma kyls ner t.ex. genom att omgivningstemperaturen sjunker. Trycket i mätvolymen kan öka om värme leds in i gasen t.ex. genom solstrålning på de delar av mätvolymen som är exponerad för solstrålning och omgivningstemperatur.

Differenstrycket ökar om trycket i referensbehållaren ökar eller trycket i mätvolymen minskar. Vid läckage minskar trycket i mätvolymen och det är just denna förändring man vill kunna detektera med täthetskontrollen.

Notera att referensbehållare och mätvolym troligtvis inte reagerar på samma sätt på solstrålning och ökande eller minskande omgivningstemperatur vilket kan ge utslag i förändrat differenstryck. T.ex. så är referensbehållaren isolerad och inbyggd i en låda medan slangen från differenstryckmätaren till mätobjektet är direkt exponerad för omgivningen. Hur stor påverkan en temperaturförändring i omgivningsluften får beror också på storleken på värmeöverförande ytor och volymen av den gas som påverkas.

Det är också värt att notera att utrustningen bör förvaras så att den har samma temperatur som omgivningen. Förvaras differenstryckmätaren vid en lägre temperatur än omgivningstemperaturen så kommer trycket i referensbehållaren att öka i takt med att referensbehållaren värms upp och det ser ut som om det täthetskontrollerade objektet läcker.

Det räcker med små förändringar i temperatur för att det ska få genomslag. Görs mätningen vid 15 °C och 5,8 bar (6,8 bar absolut) motsvarar en temperaturökning på ca 0,20 °C i gasen i referensbehållaren att trycket höjs med 5 mbar enligt sambandet

$$\Delta P = P_1 \cdot \frac{\Delta T}{T_1}$$

där ΔP är tryckskillnad, P_1 är absolut tryck och T_1 temperaturen på gasen i referensbehållaren innan temperaturförändringen, ΔT , sker.

Beskrivning av ny metod för täthetskontroll för volym < 0,5 m³

I den föreslagna nya metoden används en precisionsmätare som mäter absolut tryck i mätvolymen. Mätaren ansluts till mätvolymen vid drifttryck, normalt 3,5-3,9 bar. Detta medför att om det finns ett läckage kommer mindre gas att läcka ut jämfört med om kontrollen görs vid 1,43 x beräkningstrycket, dvs 5,8 bar. Skillnaden i utströmningshastighet för isentropisk strömning⁵ om omgivningstrycket är 1 bar blir

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{(6,8^{(k-1)/k})-1}{(4,5^{(k-1)/k})-1}} = 22 \%$$

där v_1 är utströmningshastigheten vid 6,8 bar absolut och v_2 vid 4,5 bar absolut, k är en exponent som för kvävgas är 1,40. Täthetskontroll vid 4,5 bar absolut ger



således en försämring på drygt 20 % jämfört med om kontrollen utförs vid 6,8 bar absolut. Om drifttrycket är 3,9 bar (4,9 bar absolut) blir skillnaden ännu mindre.

För att öka noggrannheten föreslås mättiden vara 30 minuter, mätvolymen max 0,5 m³ och tillåten maximal tryckförändring 2 mbar. Samtliga dessa tre förändringar innebär kraftigt förbättrad täthetskontroll. Om det finns ett läckage hinner ca 1½ gång så mycket gas läcka ut under 30 minuter än under 20 minuter (mättiden för den gamla metoden baserad på differenstryckmätning) och följaktligen sjunker trycket mer desto längre mättiden är. En halverad mätvolym resulterar i en ca 2 gånger så stor tryckförändring vid läckage. Det snävare acceptanskravet är i sig självt ett 2½ gång så hårt krav än de 5 mbar som tillåts enligt praxis för den gamla metoden.



Figur 4. På bilden ses en digital precisionsmätare. Tydligt var lufttrycket 1025,2 mbar när bilden togs.

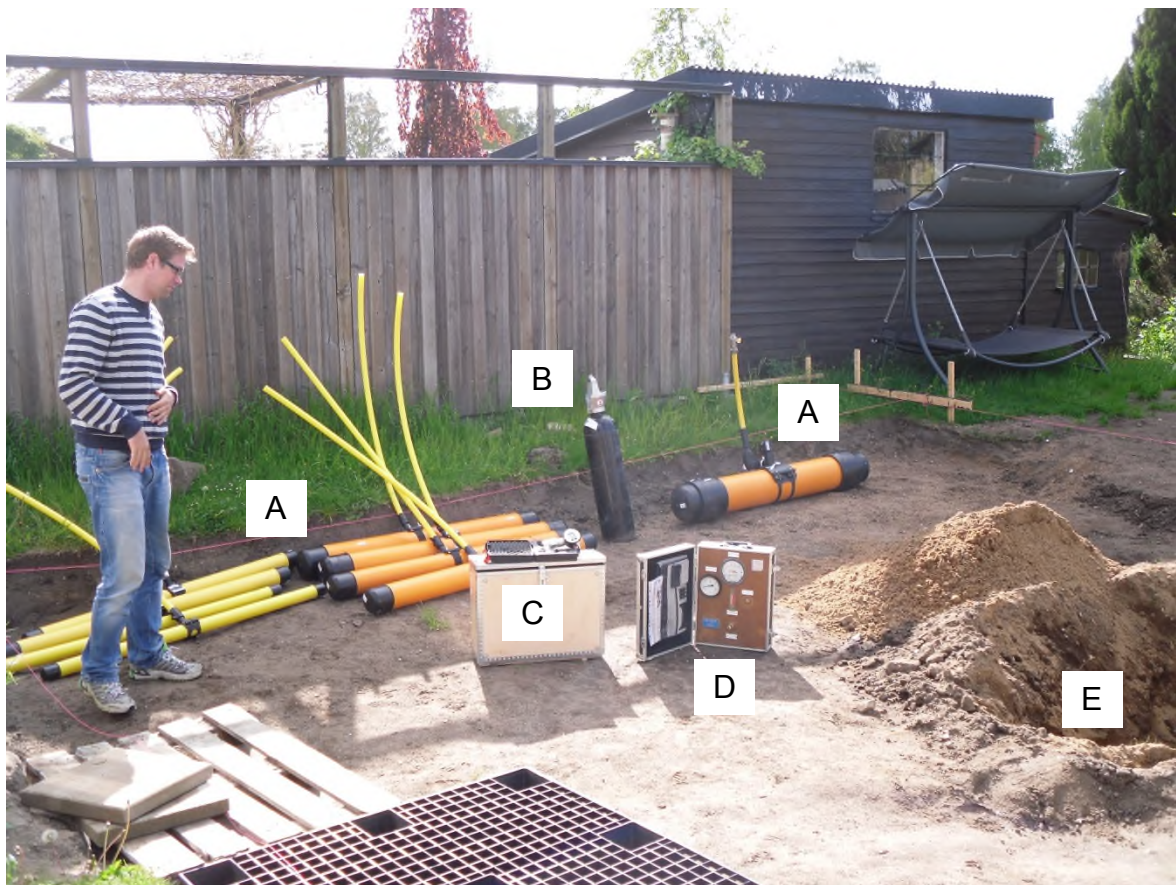
E.ON Gas Sverige AB har under 2011 infört den nya metoden med precisionsmätning. Enligt Stefan Ståhl på E.ON Gas beror det på att med den gamla metoden med differenstrycksprovning tog det lång tid för systemet att stabilisera sig speciellt om utrustningen utsattes för solstrålning eller temperaturförändringar. Precisionsmätaren är också enklare att hantera, väger mindre och kan anslutas direkt till mätobjektet, ofta via kundens mätarskåp. Hur täthetskontroll utförs med den nya metoden finns beskrivet i en intern manual⁶ som E.ON Gas använder.



2. Metodbeskrivning

Information har inhämtats via litteraturstudier, intervjuer med personer som utför täthetskontroll och deltagande vid täthetskontroller i fält. Därutöver har ett oberoende täthetskontrolltest, där den nya metoden jämfördes med den gamla metoden, utförts.

Anledningen till täthetskontrolltestet var att påvisa eventuell inverkan av yttre faktorer så som solstrålning och förändringar i lufttemperatur samt jämföra handhavandet av de två utrustningarna.



Figur 5. På bilden ses Tobias Persson, SGC inspektera utrustningen inför mätför-söket. A: mätobjekt (rör med olika diametrar, tillslutna i ändarna), B: flaska med kvävgas, C: precisionsmätaren som används i den föreslagna nya metoden ligger ovanpå lådan, D: differenstrycksmätaren som används i den gamla metoden och E: gropan där mätobjekten ska grävas ned.

Val av mätobjekt

Störst inverkan får solstrålningen och förändrad lufttemperatur om mätvolymen är liten i förhållande till den volym som exponeras för solen, dvs slangen mellan differenstrycksmätaren och kopplingen till mätobjektet, kopplingen själv samt den del av anslutningsröret som sticker upp ovan mark.



I mättestet har redan åtgärder gjorts för att minimera inverkan av solstrålningen. Slangen är 2,95 m lång (normalt är 4-5 m) och diametern är 2 mm (normalt 4 mm).

Två mätobjekt av mellanstorlek valdes, yttre diameter 125 mm och längd 1535 mm och 1540 mm, men även ett mätobjekt i den lilla storleken togs med, yttre diameter 63 mm och längd 1520 mm, om det visade sig att de förstnämnda mätobjekten var för stora för att påvisa någon inverkan av solstrålningen.



Figur 6. På bilden ses mätobjekten förlagda i gropen. Det lilla mätobjektet låg i mitten och de två mellanstora på 400 mm avstånd, mätt från innerkant till innerkant.



Figur 7. Gropen fylldes igen med de utgrävda massorna (torr sand) så att mätobjekten låg på ca 750 mm djup.





Figur 8. Anslutningsrören kapades så att så lite som möjligt stack upp ovan jord.



Figur 9. På bilden ses de kapade anslutningsrören försedda med rörkoppling och avstängningsventil.

Anslutningsrören hade en ytterdiameter om 32 mm och en längd om 670 mm efter kapningen. Detta ger en total mätvolym på knappt 13 liter vardera för de två mellanstora mätobjekten och ca 3,5 liter för det lilla mätobjektet.





Figur 10. På bilden ses flaskan med kvävgas som användes för att trycksätta mätobjekten. Notera den röda säkerhetswiren mellan flaska och påkopplad slang.



Figur 11. Mätobjekten trycksattes med kvävgas.



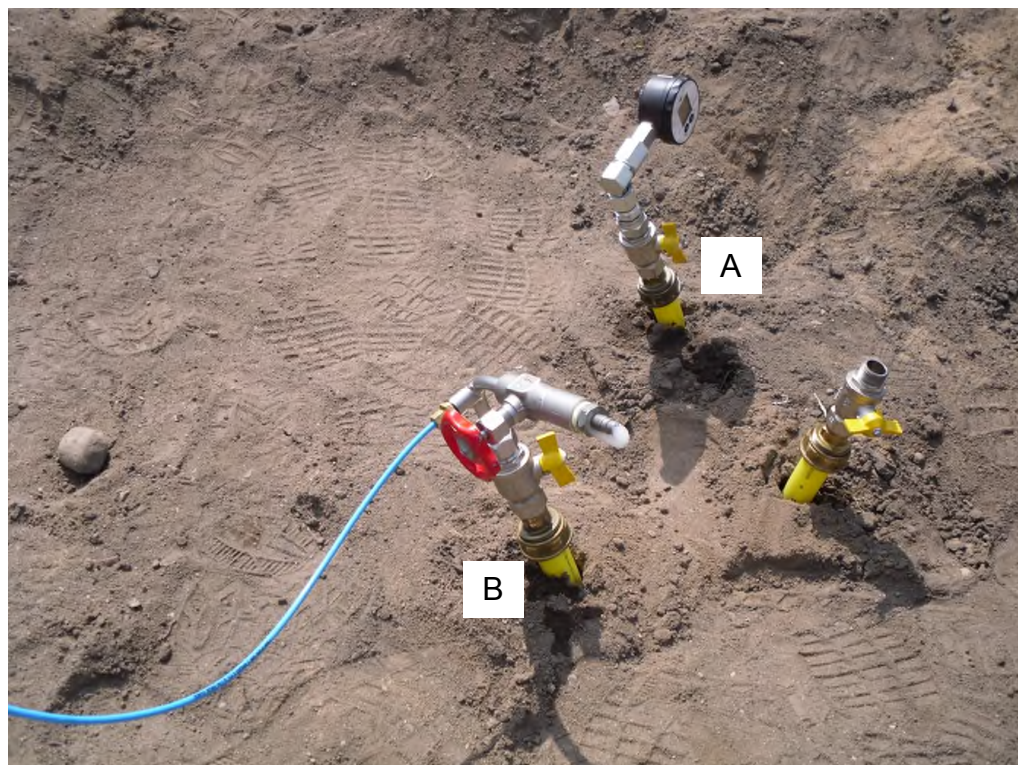


Figur 12. På bilden ses differenstryckmätning för mätobjektet A, anslutet med den blå slangen, och precisionsmätning för mätobjektet B som har en precisionsmätare ansluten.



Figur 13. Närbild på differenstryckmätaren.





Figur 14. Efter det första mättestet skiftades utrustningen så att precisionsmätaren applicerades på mätobjekt A och differenstryckmätaren kopplades till mätobjekt B.

Mättesten utfördes av Jörgen Held och Tobias Persson. Samtliga mätobjekt var redan kontrollprovtryckta av kontrollorgan ackrediterat enligt AFS 2006:8 för att undanröja eventuell risk i samband med mättestet. Arbetsmiljöverket ställer krav på riskbedömning vid provning med över- eller undertryck⁷.

Det första jämförande mättestet gjordes vid lunchtid. Därefter gjordes avbrott för lunch. Efter lunchen gjordes ett nytt jämförande mättest där utrustningen skiftades så att precisionsmätning gjordes på mätobjekt A och differenstryckmätning på mätobjekt B. Det tredje mätobjektet (lilla mätobjektet) användes inte i utvärderingen eftersom tillfredställande resultat uppnåddes med övriga objekt. Alla skarvar var sprayade med läcksökningsvätska. Notera skummet som kom ut ur kopplingen till mätobjekt B i Figur 14, mer om detta under resultat och diskussion.

Mättesten utfördes den 18 maj 2012. Omgivningstemperaturen var 15 °C och det var soligt med enstaka moln.

Differenstryckmanometern har ett mätområde som går från 0 till 25 mbar och en onoggrannhet om ± 2 % av fullt utslag, dock max 0,1 mbar. Den inbyggda differenstryckbehållaren har en volym på 0,5 till 1,0 liter. Kalibreringsintervall är 12 månader vid periodisk användning⁸. Differenstryckutrustningen väger 7,7 kg och är innesluten i en låda med följande mått 340 x 450 x 145 mm (b x h x d).

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 mbar^{9,10}. Precisionsmätaren väger 210 g och har följande mått 76 x 118 x 42 mm (diameter x höjd x bredd).



3. Resultat och diskussion

Mätobjekten var på plats och gropen igenfylld vid 10:30-tiden. Tryckprovning utfördes ca 11:00 till 11:30. Därefter tog täthetskontrolltesterna vid. Nedan visas resultaten av de två jämförande mättesterna i tabell 2 och 3.

Tabell 2. Jämförande mättest: Precisionsmätning av mätobjekt A och differenstryckmätning av mätobjekt B.

Klockslag	Gammal metod (differenstryck) [mbar]	Ändring [mbar]	Ny metod (absolut tryck) [mbar]	Ändring [mbar]
	Mätobjekt B		Mätobjekt A	
12:00	8,75	0		
12:05	8,5	-0,25		
12:10	8,25	-0,25		
12:13			5522,8	0
12:15	8,1	-0,15		
12:21	7,5	-0,6		
12:22			5523,4	+0,6
12:28	8,0	+0,5		
12:29			5523,4	0
12:35				
12:37	9,6	+1,6		
12:44	12,0	+2,4	5523,4	0
14:00	21,75	+9,75	5523,0	-0,4

Vid det första mättestet gjordes avläsningar från klockan 12:00 till 12:44. Därefter gjordes avbrott för lunch. Efter lunch gjordes en sista avläsning. Avläsningarna innan lunch med differenstryckmätaren visade 7,5 mbar som lägst och 12,0 mbar som högst, dvs en maximal skillnad på 4,5 mbar. Skillnaden mellan avläsningen kl. 12:00 och 12:44 var dock endast 3,25 mbar, vilket var klart mindre än acceptanskravet på 5 mbar. För precisionsmätaren var förändringen maximalt 0,6 mbar. Skillnaden mellan första avläsningen kl. 12:13 och sista avläsning innan lunch kl. 12:44 var dock 0 mbar, vilket naturligtvis uppfyllde föreslaget acceptanskrav om 2 mbar.

Det som var riktigt intressant var avläsningen som gjordes efter lunch, kl. 14:00, blåmarkerad rad i tabell 2. Differenstryckmanometern visade då 21,75 mbar. Det innebar att antingen fanns det ett läckage eller så hade trycket ökat i referensbehållaren. Förändringen var +3,25 mbar efter 44 minuter och plus ytterligare 6,5 mbar de påföljande 76 minuter. Senare kunde vi konstatera att läckage i mätobjektet var uteslutet när mätobjektet mättes med precisionsmätaren. Alla skarvar var sprayade med läcksökningsvätska och det fanns inga indikationer på skumbildning. En troligare förklaring var att temperaturen i referensbehållaren ökat på grund av solstrålningen.



Tabell 3. Jämförande mättest: Precisionsmätning av mätobjekt B och differenstryckmätning av mätobjekt A.

Klockslag	Gammal metod (differenstryck) [mbar]	Ändring [mbar]	Ny metod (absolut tryck) [mbar]	Ändring [mbar]
	Mätobjekt A		Mätobjekt B	
14:12			4983,4	0
14:14	6,25	0		
14:21	4,5	-1,75	4984,8	+1,4
14:31	3,75	-0,75		
14:39			4985,6	+0,8
14:40	3,75	0		
14:52	5,25	+1,5	4985,8	+0,2
15:04	6,0	+0,75	4985,8	0

Några minuter över 14:00 skiftades utrustningen så att precisionsmätaren applicerades på mätobjekt A och differenstrycksmätaren kopplades till mätobjekt B. Då inträffade något mycket intressant. Den gamla mätmetoden med differenstryckmätning visade initialt ett minskande differenstryck vilket gick stick i stäv med det läckage som pågick vid kopplingen, se Figur 15.

Differenstrycket började öka från 14:40 och vi misstänkte att de första avläsningarna gjordes innan systemet kommit i termisk jämvikt efter det att utrustningen skiftats. Även precisionsmätaren visade en relativt stor förändring initialt (1,4 mbar) för att därefter ställa in sig vilket ytterligare stärkte vår misstanke att systemet inte hunnit ställa in sig efter skiftet av mätutrustning.



Figur 15. På bilden ses kopplingen som användes med den gamla metoden. Notera att det skummande såpvattnet tydligt påvisade läckage i kopplingen på grund av att nålventilen (rött vred) inte var helt åtdragen.



4. Slutsatser

Resultaten visar att solstrålning kan ha en inverkan på differenstryckprovning även under relativt korta mättider, speciellt om volymen som täthetsprovas är liten. Tro-
ligtvis påverkas gasen i slangen mellan mätutrustning och mätobjekt först, vilket
leder till att trycket ökar på mätobjektsidan, vilket i sin tur leder till ett minskat diffe-
renstryck. Denna effekt bör rimligtvis klinga av efter tag då det finns en övre gräns
för hur varm gasen i slangen kan bli, det vill säga solstrålningen balanseras av
värmeförluster från den uppvärmda slangen till omgivningen. Det tar längre tid för
temperaturen i det isolerade referensbehållaren att ändras men i mätförsöket på-
visades en så stor förändring som 6,5 mbar på 76 minuter.

I värsta fall kan solstrålning leda till att ett läckage döljs. Om tryckökning på
grund av uppvärmning i slangen mellan differenstryckmanometern och mätobjek-
tet balanserar tryckminskning på grund av läckage, detekteras inte läckaget.

- Den gamla metoden kräver en större förståelse för de parametrar som kan påverka mätresultatet.
- Med den nya metoden elimineras ett antal potentiella felkällor (t.ex. risken för temperaturförändringar i referensbehållaren, färre anslutningar och mindre volym som kan påverkas av solstrålning).
- Den nya metodens krav med avseende på mättid, mätvolym och tillåten tryckförändring är hårdare än för den gamla metoden.
- Utrustningen för den nya metoden väger mindre och upplevs som lättare att hantera än utrustningen för den gamla metoden.
- Utrustningen för den nya metoden har en storlek som möjliggör applicering och inlåsning i abonnentcentralen under mättest medan utrustningen för den gamla metoden normalt är exponerad för omgivningen.
- Precisionsmätaren är mer känslig för fukt än differenstryckmätaren, dock finns det en speciell skyddsstrumpa i plast som kan dras över precisionsmätaren vid fuktig väderlek.
- Kostnaden för de båda utrustningarna är ungefär densamma, ca 10 000 kr.

Om man vill gå vidare och göra mer detaljerade tester bör differenstryckutrust-
ningen kompletteras, om möjligt, med temperaturmätning i eller utanpå referens-
behållaren och i eller utanpå slangen som går mellan differenstryckmätaren och
mätobjektet. Kan man dessutom samtidigt mäta det absoluta trycket i mätobjektet
kan man snabbt detektera inverkan av solstrålning och förändrad omgivningstem-
peratur.

Då mindre mätvolymmer påverkas mer vore det intressant att göra tester för flera
olika storlekar på mätobjekten och på så vis kunna ge en allmän rekommenda-
tion när solstrålning och snabba temperaturförändringar kan utgöra ett potentiellt
problem.

Inverkan av mättrycket vid täthetskontrollen vore också intressant att studera.
Om det går att få fram ett mätobjekt med välkontrollerat läckage skulle ett sådant
kunna testas med olika mättryck och olika metoder (differenstryckmätning, preci-
sionsmätning och såpvatten).



5. Tack

Många personer har bidragit med information och värdefull kunskap i projektet. Ett speciellt tack till Stefan Ståhl på E.ON Gas Sverige AB som dels låtit projektutförarna delta vid skarpa täthetskontroller, dels delat med sig av sin erfarenhet av såväl den gamla som den nya metoden för täthetskontroll. Ett stort tack riktas även till Torbjörn Nilsson på Gas & Värmeteknik för tillhandahållande av mark och utrustning vid kontrolltestet.

Slutligen, tack till programgruppen för Distribution och lagringsteknik som dels finansierat projektet via SGC:s allmänna projektkassa, dels fungerat som referensgrupp för projektet.



Referenser

- ¹ Energigasnormer 2011 (EGN 2011), Energigas Sverige, 2011.
- ² AFS 2005:3. Besiktning av trycksatta anordningar. Arbetsmiljöverket, 2005.
- ³ Energigasnormer 1994 (EGN 1994), Svenska Gasföreningen, 1995.
- ⁴ Anvisningar för biogasanläggningar (BGA 2012), Energigas Sverige, 2012.
- ⁵ Joseph B. Franzini et al. Fluid Mechanics with Engineering Applications. McGraw-Hill 1997.
- ⁶ Kvalitetsmanual för E.ON Gas Sverige AB, Tryckprovning del 5, uppförd 2011-02-22.
- ⁷ AFS 2006:8. Provning med över- eller undertryck. Arbetsmiljöverket 2007.
- ⁸ Protum Gas AB. Procedur för differenstryckprovning av tillkommande gasrörledningar med en normalvolym < 1,0 m³, 1995.
- ⁹ Keller AG für Druckmessertechnik. Datablad "Highly Precise Digital Manometer LEX 1".
<http://www.keller-druck.com/picts/pdf/engl/lex1e.pdf>
- ¹⁰ Uppgift från Mattias Gyllenhak Liss, Svenska Manometerfabriken.

