
Rapport SGC 034

**UTVÄRDERING AV PROPAN-
EXPONERADE PEM-RÖR**

Hans Leijström
Studsvik Material AB

Maj 1993



Rapport SGC 034
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--34--SE

Rapport SGC 034

**UTVÄRDERING AV PROPAN-
EXPONERADE PEM-RÖR**

**Hans Leijström
Studsvik Material AB**

Maj 1993



SGC:s FÖRORD

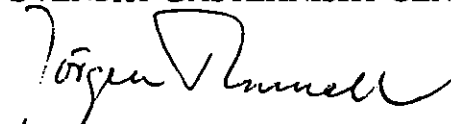
FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat e dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har f n följande delägare: Svenska Gasföreningen, Vattenfall Naturgas AB, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB och M.E.Malmö Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Thunell

STUDSVIK MATERIAL AB
S-611 82 Nyköping
Tel 0155-22 10 00
Fax 0155-26 31 50

STUDSVIK/M-92/105

1992-11-11

M-4357

Hans Leijström
Polymera Material

Vattenfall Energisystem AB
Mark, Miljö och Energiutveckling
Box 528, S-162 15 Vällingby
Kontaktperson: Jonas Forsman

UTVÄRDERING AV PROPANEXPONERADE PEM-RÖR

Sammanfattning

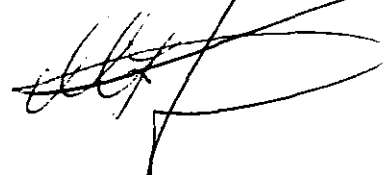
En anläggning för distribution av en blandgas av 98% propan och 2% butan har installerats i Harstigen i Djupkärnsområdet, Kalix kommun. Systemet består av en cistern, förångare och ett distributionsnät av plaströr för distribution av gas till 10 stycken villor.

Inom arbetet har ett nästan fyra år gammalt rörmaterial från en kondensficka i anläggningen undersökts. Undersökningen omfattade tryckprovning, termisk analys och termogravimetri.

Resultaten tyder på att lättflyktiga ämnen av storleksordningen 0.4% löst sig i rörmaterialet. Troligen har någon kondensering aldrig skett i kondensfickan utan de lättflyktiga ämnena kommer från gasol i gasfas. Hållfastheten hos det exponerade materialet är något lägre än oexponerat material. Orsaken är ej entydig och kan ej klargöras utan ytterligare tryckprovning. Kemiska livslängden hos det exponerade materialet har ej påverkats av exponeringen. Däremot har en minskning av den termiska stabiliteten erhållits.

Arbetet har utförts av Studsvik och Vattenfall Energisystem på uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center (SGC).

Godkänd av



1992-11-11

1 Inledning

Studsvik och Vattenfall Energisystem har på uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center utvärderat teknisk funktion och åldring av plaströr vilka exponerats i en anläggning för distribution av propangas. Plaströren av mediumdensitetspolyeten (PEM) har exponerats för propangas i anläggningen under en tid av tre år och 9 månader.

Anläggningen är belägen i Harstigen i Djupkärnsområdet i Kalix kommun, och ingår i Vattenfalls uppdrag 2000 för rationell energianvändning.

Totalt är tio villor med var sin gaspanna anslutna till anläggningen. Systemet består huvudsakligen av cistern, förångare, distributions- och servisledningar. Vid varje fastighet finns vidare en abonnentcentral placerad. Systemschema framgår av bilaga B.1.

Gasen utgörs av en blandgas bestående av 98-proc propan och 2-proc butan och lagras i vätskefas i cisternen. Förångaren är placerad utomhus i ett väderskydd och i direkt anslutning till cisternen. Uppvärmning för fasomvandlingen sker med hjälp av två elpatroner om vardera 4.5 kW. Trycket i ledningsnätet uppgår till cirka 0.6 bar. Före förbränning i gaspanna (Albin eller Vaillant) sker tryckreducering i reduceringsventil samt gasmätning.

Utvärderingen har utförts på rörprover som skurits ut dels från en kondensficka i distributionsnätet dels från servisledningarna till två av villorna, se bilaga B.2. De utskurna rördelarna har ersatts av nya som svetsats fast med elektromuffsvetsning.

Data för anläggningen och insvetsningen av de ersättande rördelarna återfinns i bilagorna A.1 och A.2.

Uttagningen av rörproverna samt transporten till Studsvik av dessa genomfördes av Studsvik. Kodning och karaktärisering av de till Studsvik transporterade rörproverna framgår av bilaga A.3.

Utvärderingen har gjorts med utgångspunkt från resultat av accelererad tryckprovning, karaktärisering med termogravimetri (TGA) samt termisk analys (DSC). Vid tryckprovningen användes två miljöer: luft (105°C) och ett ytspänningsned-sättande medel (lutensol, 95°C).

För att få jämförelsematerial har prov även utförts på icke propanexponerat material, vilket levererats direkt av tillverkaren (Uponor).

Arbetet har utförts under tiden 1991-11-18 till och med 1992-11-11. Rapporten omfattar samtliga resultat som erhållits till och med 1992-11-11.

1992-11-11

2 Arbetsuppläggning

Arbetet har inriktats på följande moment:

- Mom 1 Termogravimetrianalys på oexponerat och i Kalix propanexponerat rörmaterial. Sex analyser totalt.
- Mom 2 Termisk analys på oexponerat och i Kalix propanexponerat rörmaterial. 18 analyser totalt.
- Mom 3 Tryckprovning av oexponerat och i Kalix propanexponerat rörmaterial. Tryckprovning av åtta rörprover totalt.

Den övergripande målsättningen med samtliga moment var att bedöma om propanexponeringen påverkat rören i negativ riktning ur funktionssynpunkt.

Målsättningen med moment 1 var att bestämma halten inlösta lättflyktiga substanser i rörmaterialiet på grund av exponering i kondensfickan. Målsättningen med moment 2 var att avgöra om rörmaterialiets termiska stabilitet förändrats efter exponeringen. Målsättningen med moment 3 var att avgöra om rörmaterialiets mekaniska egenskaper förändrats på grund av exponeringen.

2.1 Materialkvaliteter och provuttag

Av de uttagna rörproverna har endast de från kondensfickan undersökts. Rörproverna från servisledningarna har endast exponerats i stillastående gas med trycket 0.6 bar eftersom anslutna villor ej haft någon gasförbrukning under den aktuella tiden. Det har därför ej ansetts meningsfullt att utföra prov på material från servisledningarna. En del av det oexponerade rörmaterial som ersatte det utskurna rörmaterialiet i kondensfickan har sparats för att kunna användas som referensmaterial vid eventuella senare undersökningar (Studsvik kod 624 i bilaga A.3).

Det icke propanexponerade materialet som levererats direkt av tillverkaren (Studsvik kod 633 i bilaga A.3) är av samma kvalitet som det exponerade men är extruderat vid ett annat tillfälle. Extruderingsprotokollen från tillverkningen av rören uppvisar dock stora likheter. Rören är tillverkade av samma råvara (Finathene) och på samma extruder. Vidare är skillnaden i kristallinitet och smältindex obetydlig. Den enda skillnaden ligger i att den oexponerade rörkvaliteten uppvisar en brottförlängning på ~500% vid dragprovning jämfört med ~300% för den kvalitet som exponerats i Kalix. Protokollen är upprättade av Uponor AB.

1992-11-11

För att säkerställa att inlösta lättflyktiga substanser ej genast skulle försvinna ur rörväggen efter provuttag i kondensfickan så transporterades vissa rörprov nerkylda till cirka -80°C till Studsvik. Dessa rörprov förvarades därefter i frysbox vid -20°C (Studsvik kod 621 i bilaga A.3).

Samtliga PEM-rör är tillverkade av Uponor AB.

2.2 Arkivering

Rörmaterialet i bilaga A.3 har efter utvärderingen arkiverats på Studsvik. Rören förvaras mörkt vid rumstemperatur.

1992-11-11

3 Experimentella undersökningar

3.1 Statisk tryckprovning

För undersökning av långtidsegenskaperna hos de oexponerade och de i Kalix exponerade PEM-rören genomfördes tryckprovning vid förhöjd temperatur.

Tryckprovningens utrustningen är konstruerad av Studsvik. En principskiss av utrustningen visas i bilaga B.3. Rören belastas invändigt med statiskt tryck vid olika temperaturer. Temperaturnoggrannheten är bättre än $\pm 1^\circ\text{C}$. Vid de aktuella trycken är trycknoggrannheten cirka $\pm 1\%$, dock ej bättre än $\pm 5 \cdot 10^{-3}$ MPa.

Tryckprovningen utfördes med rörproven fyllda med avjoniserat vatten. På utsidan användes luft eller ett ytspänningsreducerande medel (2-proc lutensol-lösning). Tryckprovningen utfördes vid 105°C med luft och vid 95°C med lutensol. Vid tryckprovningen uppgick rörprovets totala längd till 300 mm. Samtliga rörprover monterades med Wipexkopplingar. Före tryckprovningen konditionerades rörproven i tre timmar. Konditionering innebär att ett rörprov exponeras för en bestämd miljö och temperatur i trycklöst tillstånd. I övrigt utfördes tryckprovningen enligt ISO 1167-1973.

Tryckprovning i luft

Tryckprovning i luft användes för att undersöka kemisk livslängd hos rören. Med kemisk livslängd avses maximal livslängd för ett rörmaterial vid en given temperatur oberoende av inre övertrycket. När kemiska livslängden uppnås är materialet så försprödat att det vid minsta belastning spricker.

Tryckprovning i lutensol

Tryckprovning i lutensol användes för att kvalitativt undersöka sprödbrottskänsligheten hos rören. Orsaken till att lutensol användes är att detta medium avsevärt påskyndar tiden till sprödbrott jämfört med om vatten skulle ha använts. Hur stor acceleration som erhålls med lutensol beror bland annat av andelen defekter i materialet. Generellt kan förväntas en förkortning av tiden till sprödbrott av cirka 10-100 gånger med lutensol. Om en ökad sprödbrottskänslighet kan konstateras bör mer omfattande tryckprovningar genomföras och då också med vatten som yttre medium.

1992-11-11

3.2 Termogravimetri (TGA)

Halten inlösta lättflyktiga substanser i rörväggen bestämdes med termogravimetrisk analys. Provbitar från icke exponerade och i Kalix exponerade rör togs ut genom stansning av pluggar. Analysen genomfördes över hela tvärsnittet (rörväggen). Varje plugg klövs på mitten så att en halvcylinder bildades. För de exponerade proven undersöktes såväl icke nerkylda som nerkylda prov.

Undersökningarna utfördes på en Perkin Elmer, system TGS-2. Systemet mäter hur provets vikt förändras då temperaturen höjs i värmeugnen. Samtliga analyser utfördes i heliumatmosfär med en uppvärmningshastighet av 20 K/min. Analyserna utfördes i temperaturintervallet 35 till 600°C. Provmängden uppgick till cirka 15 mg.

3.3 Termisk analys

Termostabiliteten hos rören studerades indirekt med DSC (Differential Scanning Calorimetry).

Prov av icke exponerade och i Kalix exponerade rör togs ut genom stansning av pluggar ur rörväggen. Från pluggarna skars cirka 0.1 mm tjocka skivor ut från pluggens (rörväggens) insida, mitt och utsida. För de exponerade proven undersöktes såväl icke nerkylda som nerkylda prov.

Undersökningarna utfördes på en Mettler DSC 20. Samtliga analyser utfördes i syrgasatmosfär (50 ml/min) och med en uppvärmningshastighet av 10 K/min. Provmängden uppgick till cirka 5 mg.

Uppvärmningen av provet i syrgasatmosfär medför att provet oxideras då temperaturen höjs. Med DSC registreras den temperatur vid vilken oxidationen startar. Denna temperatur benämns T_{ox} . Vid vilken temperatur som oxidationen inträffar beror bland annat av provets termiska stabilitet.

Ett lågt T_{ox} innebär att rörmateriallets termiska stabilitet är låg. En minskning av den termiska stabiliteten innebär praktiskt en möjlighet att avgöra hur lång tid det är kvar till den kemiska livslängden. Tryckprovning med luft är däremot den bästa metoden för att fastställa kemisk livslängd.

1992-11-11

4 Resultat

4.1 Statisk tryckprovning

Totalt startades provning av åtta rörprover inom projektet. Resultaten framgår av tabellerna A.2-A.5 i bilaga A och av diagramen 1 och 2 nedan. I det följande redovisas resultat som erhållits fram till och med 1992-11-11.

4.1.1 Tryckprovning i ytspänningsned-sättande medel vid 95°C

Resultaten från tryckprovning i ytspänningsned-sättande medel vid 95°C framgår av tabellerna A.2-A.3 och av diagram 1. Totalt tryckprovades fyra rörprov varav två oexponerade och två exponerade i Kalix.

För de oexponerade rörproven (kod 624) inträffade inga brott efter mer än 8 000 h exponering. När det gäller de i Kalix exponerade rören (kod 620) så gick de två proven till sprödbrott efter 1 820 h respektive 1 950 h.

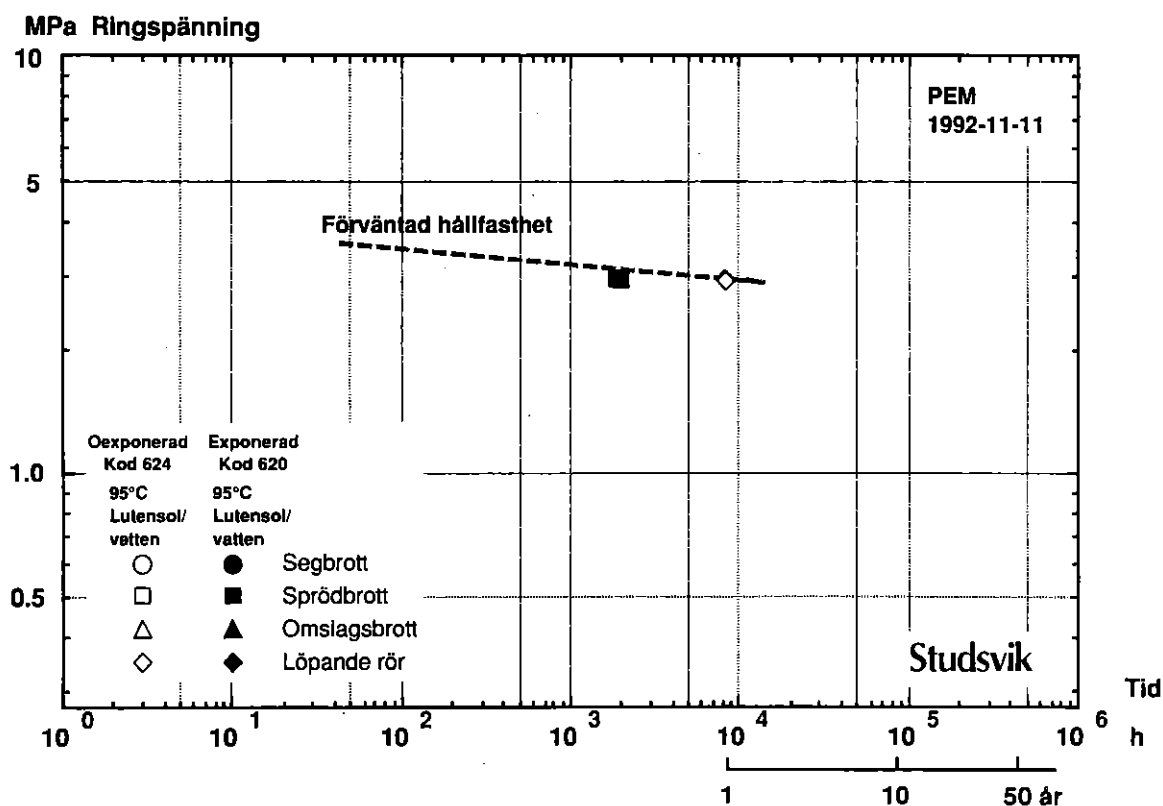


Diagram 1

Hydrostatisk tryckprovning av PEM-620 (exponerad i Kalix) och PEM-624 (oexponerad) vid 95°C med lutensol som yttre medium och vatten som inre medium. I diagrammet är även en referenskurva inlagd som anger förväntad hållfasthet för oexponerat material.

1992-11-11

Brottiden vid 2.9 MPa för de i Kalix exponerade rörproven uppgår således till mindre än 23% av brottiden för de oexponerade rörproven. Det bör även påpekas att brottpunkterna ligger något under den förväntade referenskurvan i diagram 1 vilken anger den förväntade hållfastheten. Den förväntade hållfastheten baseras på resultat och erfarenheter från arbeten på Studsvik på en liknande kvalitet.

4.1.2 Tryckprovning i luft vid 105°C

Resultaten från tryckprovningen i luft vid 105°C framgår av tabellerna A.4-A.5 och av diagram 2. Totalt tryckprovades fyra rörprov varav två oexponerade och två exponerade. Ett av de oexponerade rörproven gick till sprödbrott efter 7 820 h. Orsaken till brottet är att nedbrytning av rörmaterialet inträffat närmast Wipexkopplingarna. Övriga rörprov exponeras fortfarande med en löptid som 1992-11-11 uppgick till 8 088 h. Även i diagram 2 har en referenskurva baserad på erfarenhet lagts in. Till skillnad mot diagram 1 utgör denna kurva den förväntade kemiska livslängden.

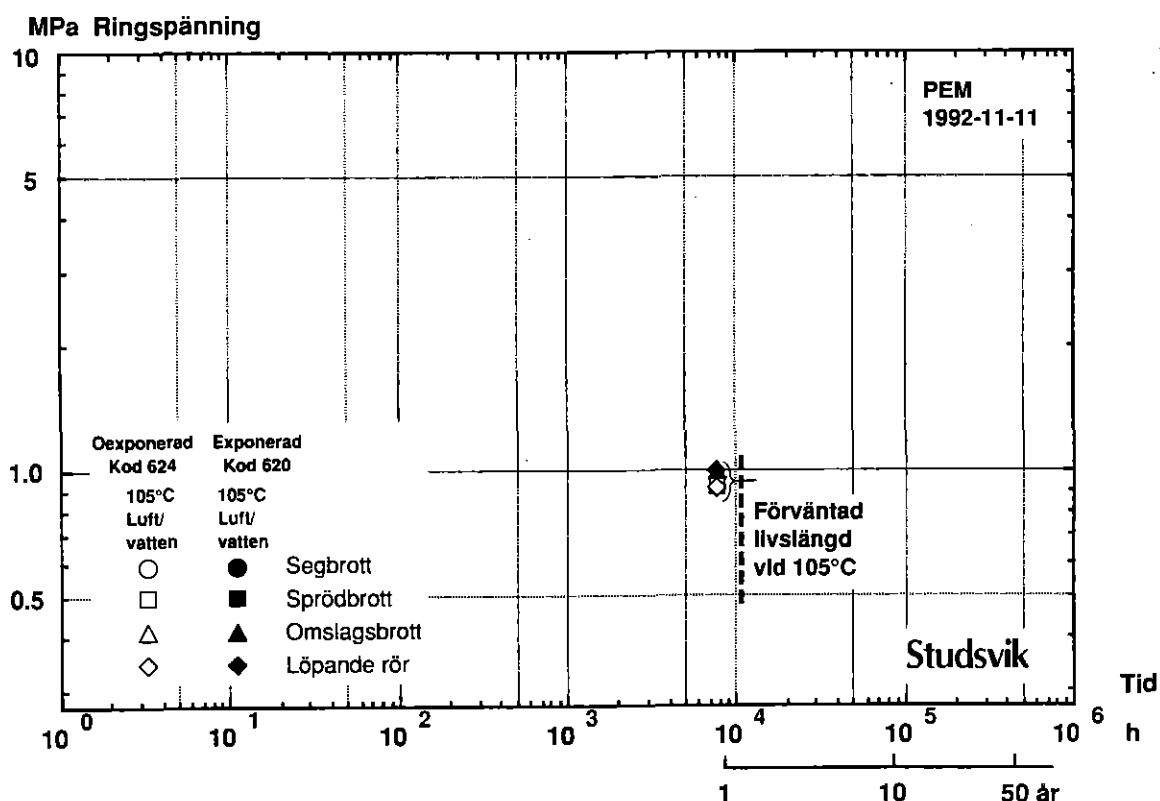


Diagram 2

Hydrostatisk tryckprovning av PEM-620 (exponerad i Kalix) och PEM-624 (oexponerad) vid 105°C med luft som yttre medium och vatten som inre medium. I diagrammet är även en referenskurva inlagd som anger förväntad kemisk livslängd för oexponerat material.

1992-11-11

4.2 Termogravimetri (TGA)

Halten inlösta lättflyktiga substanser i rörväggen har bestämts för oexponerat rörmaterial och för rörmaterial exponerat i kondensfickan. För det exponerade rörmaterialet har såväl prover förvarade vid rumstemperatur som prover förvarade i frys analyserats. Totalt har sex analyser utförts. Resultaten framgår av tabell A.6 i bilaga A.

Av resultaten framgår att någon "flyktig" substans har löst sig i det exponerade rörmaterialet. Vad som löst sig är dock ej känt. För de nerkylda rörproven erhöles den högsta halten, 0.44 viktsprocent. För de icke nerkylda proven var halten ungefär hälften, 0.20 viktsprocent. Det huvudsakliga förflyktigandet under provningen inträffade vid en temperatur i närheten av smältintervallet. Detta innebär möjligen att någon substans har löst sig inte bara i ytskiktet utan även inne i själva rörväggen. Den högre halten för det nerkylda provet tyder på att vissa av substanserna försvinner direkt efter att exponeringen upphört. Det oexponerade rörprovet innehöll som väntat inga lättflyktiga substanser.

4.3 Termisk analys

Termiska analyser har utförts på oexponerat rörmaterial och på rörmaterial som exponerats i kondensfickan. För det exponerade rörmaterialet har såväl prover som förvarats vid rumstemperatur som prover vilka förvarats i frys analyserats. Totalt har 18 analyser utförts. Resultaten framgår av tabell A.7 i bilaga A.

Den termiska analysen visar att oexponerade och exponerade rör har normala värden på kristallinitet, smältpunkt och oxidationstemperatur. Detta vid en jämförelse av resultat som erhållits vid andra försök på en liknande rörkvalitet som ej exponerats för gasol [1]. En något lägre oxidationstemperatur har dock erhållits på insidan av rörväggen för exponerade rörprov i förhållande till oexponerade rörprov. Stora avvikelser från normala värden på kristallinitet innebär att ett rörs mekaniska styrka (inre struktur) har förändrats. Förändring (minskning) i oxidationstemperatur är en signal på att materialets antioxidantsystem har minskat. Antioxidantsystemet skall skydda materialet från oxidation.

Kristalliniteten*) hos samtliga analyserade rör ligger i intervallet 51-60%, lägst är den på utsidan av rören, 51-54%.

*) Värdena som anges på kristallinitet avser medelvärden av två analyser vid samma läge i rörväggen. Kristallinitet W_c utgör den andel av materialet som uppvisar en ordnad och definierbar inre struktur till skillnad mot den oordnade amorfa andelen W_a ($W_c + W_a = 100\%$).

1992-11-11

Medelvärden och spridning i oxidationstemperatur på insidan, mitten och utsidan av rören framgår av tabell 1 nedan.

Tabell 1 Variation i oxidationstemperatur vid försöken.

Exponerat för propan	Oxidationstemperatur, T_{Ox1} , °C (medelvärde \pm standardavvikelse*)			Anmärkningar
	Insida	Mitten	Utsida	
Nej	247.4 \pm 0.2	248.6 \pm 2.8	234.7 \pm 9.6	1)
Ja	238.4 \pm 4.9	246.6 \pm 0.8	225.1 \pm 10.7	2)

* Antalet mätvärden är egentligen för få.

1) Antal mätvärden lika med 2 st (kod 624).

2) Antal mätvärden lika med 4 st (kod 623 och kod 621).

Rör som exponerats för gas i Kalix har erhållit en minskning av oxidationstemperaturen på insidan av rören. Detta gäller vid en jämförelse med oexponerat rörmaterial. Det oexponerade rörmaterialiet är emellertid ej identiskt med det exponerade. Minskningen i T_{Ox} uppgår till 4-14°C eller cirka 2-6%. Tidigare försök på Studsvik med kondenserad propan visar att minskningen av oxidationstemperaturen kan uppgå till 10% på insidan av rörväggen. I försöken analyserades PEM-rör som tryckprovats vid 40°C med kondenserad propan under 1 900 h [1, 3].

I mitten och på utsidan av rören är spridningen i mätdata för stor för att eventuella förändringar i oxidationstemperatur skall kunna säkerställas. Det förefaller dock som om en minskning har inträffat även på utsidan av röret. Minskningen på utsidan går ej att förklara. Fler analyser krävs för att avgöra om så verkligen är fallet.

1992-11-11

5 Diskussion

Från materialsynpunkt innebär anläggningen i Kalix en unik möjlighet att följa upp hur PEM-rör åldras under inverkan av en blandgas som huvudsakligen består av propan (98% propan, 2% butan).

Tryckprovning i luft vid 105°C visar att propangas ej har påverkat rörmaterialets kemiska livslängd eller termiska stabilitet efter nästan fyra års drift. Påståendet gäller dock endast för kondensfickan och inte generellt för hela distributionssystemet i Kalix. I den rördel som ligger närmast förångaren är till exempel temperaturen högre än i kondensfickan.

Tryckprovning i ytspänningsnedsättande medel vid 95°C visar att brottiden är signifikant kortare för de exponerade rörmaterialet jämfört med det icke exponerade rörmaterialet (mindre än 23%). Den korta brottiden kan ej entydigt hänföras till exponeringen för propangas eftersom det oexponerade och det exponerade rörmaterialet tillverkats vid två olika tillfällen. Det krävs dock att flera brott genereras även vid andra spänningsnivåer och temperaturer innan en definitiv slutsats kan dras om orsaken till det exponerade rörmaterialets kortare brottid. De tidiga sprödbrotten för de exponerade rörproverna måste även undersökas med hjälp av fraktografi för klarläggande av orsaken till brotten. Fraktografi innebär att brottytan studeras i förstoring med hjälp av till exempel svepelektronmikroskopi (SEM).

Termogravimetrianalyserna visar att exponering för propangas resulterar i inlösning av flyktiga substanser i PEM-rören. Halter på över 0.4 viktsprocent erhålls vid exponering under drift i cirka 4 år. Försök på Studsvik med propankondensat har visat att halter på upp till 4 viktsprocent uppnås efter betydligt kortare tider än 4 år [2] vilket tyder på att kondensfickan ej utsatts för propankondensat. Sammansättningen av de flyktiga substanserna har ej klarlagts inom ramen för detta projekt. För en bedömning krävs kompletterande kemiska analyser.

Termiska analyser på oexponerat och exponerat rörmaterial tyder på att en minskning av den termiska stabiliteten kan förväntas vid exponering för propangas. Tryckprovningen i luft vid 105°C visar dock att den termiska stabiliteten ej har minskat till en kritisk nivå efter nästan 4 års exponering.

1992-11-11

Minskningen i oxidationstemperatur på insidan av exponerade rör uppgick till 4-14°C. Detta motsvarar en minskning med 2-6% vilket är lägre än vad tidigare försök på Studsvik med propankondensat uppvisat. Minskningen uppgick där till 8-10% [1,3].

Eventuellt har en minskning i oxidationstemperatur även inträffat på utsidan av rören. Spridningen i oxidationstemperatur är dock stor varför det är osäkert om så är fallet. Samtliga undersökta rör uppvisar acceptabla värden på oxidationstemperatur vid en jämförelse med de resultat som erhöles i Ref 1.

Slutligen är det viktigt att påpeka att samtliga jämförande försök har utförts med rörmaterial som extruderats vid två olika tillfällen. Det vill säga rörmaterialen är ej fullständigt identiska. Extruderingsprotokollen för de olika materialen uppvisar dock, som tidigare nämnts, stora likheter så när som på att den oexponerade rörkvaliteten (kod 624) har en högre brottöjning än den i Kalix exponerade kvaliteten (kod 620).

1992-11-11

6 Slutsatser

- PEM-rör som exponeras för propangas kan lösa in lättflyktiga ämnen med halter av storleksordningen 0.2-0.4%.
- Rörprover som förvarats nerkylda uppvisar högre halter av lättflyktiga ämnen än rörprover som förvarats vid rumstemperatur.
- PEM-rör som exponerats för propangas erhåller en något sänkt oxidationstemperatur på insidan av röret jämfört med oexponerade rör.
- Oxidationstemperaturen (T_{ox}) för exponerade och oexponerade rör ligger i intervallet 225-249°C. Dessa värden betraktas som fullt acceptabla.
- Termogravimetri och termiska analyser tyder på att "kondensfickan" ej har utsatts för kondenserad propan.
- Tryckprovning i luft vid 105°C visar att den kemiska livslängden ej har påverkats i negativ riktning på grund av exponeringen för propangas.
- Tryckprovning i ytspänningsnedsättande medel (lutensol) vid 95°C visar att hållfastheten är något lägre för det i Kalix exponerade rörmaterialet än för det oexponerade jämförelsematerialet.

1992-11-11

7 Rekommendationer

Inför framtida undersökningar är det viktigt att oexponerat "jungfruligt" rörmaterial bevaras från installationen av gasrör. Detta för att det skall gå att säkerställa förändringar i livslängd och övriga materialegenskaper på grund av exponering av rören under drift. När det gäller anläggningen i Kalix finns nu dock vissa, om än otillräckliga, referenser över rörmaterialiets status vilket underlättar fortsatta studier.

Vi rekommenderar att ytterligare provuttag görs efter olika drifttider för att följa åldringen av rören. Speciellt med tanke på att tryckprovning i lutensol vid 95°C indikerat en negativ påverkan. Provuttag bör även göras i början på distributionsledningen där temperaturen antas vara mycket högre än i kondensfickan.

Orsaken till de tidiga sprödbrotten vid 95°C bör vidare utredas med fraktografi.

Vid fortsatta studier bör tryckprovning genomföras vid flera spänningsnivåer och temperaturer än vad som genomförts i föreliggande arbete.

1992-11-11

Referenser

- 1 TRÄNKNER T
PLASTRÖR FÖR GASDISTRIBUTION
Utvärdering av tre års experimentella
undersökningar, M-91/24, Studsvik AB,
1991.
- 2 HEDENQVIST M, TRÄNKNER T et al
Sorption of liquid propane in poly-
ethylene. Thermochimica Acta, 214, 1993.
- 3 TRÄNKNER T, GEDDE U W
Molecular structure and long-term
hydrostatic strength of a medium density
polyethylene pipe for gas distribution.
Twelfth Plastic Fuel Gas Pipe Symposium,
Proceedings, September 24-26, 1991.

1992-11-11

Erkännanden

Författaren önskar framföra ett stort tack till Bo Berggren, Vattenfall Mellansverige, och SGC:s distributionsgrupp för de mycket värdefulla synpunkter som delgetts mig beträffande innehållet i denna rapport.

Ulrika Andersson och Eva Hjelm tackas för utmärkta experimentella insatser under projektets gång.

1992-11-11

Data för systemet

Allmänt

- startdatum: dec 1987
- driftansvar Kalix Energiverk
- driftstopp: Inga
- exponeringstid: ca 3 år och 9 månader
- antal villor 10 stycken
- kapacitet: 50 kg/h (5 kg/h och villa)
- årsförbrukning: ca 30 ton, tankning 3 ggr/år
- tankvolym (LPG): 18 m³
- tankinnehåll: 20 - 82 % (max 82 %)
- maxtryck i tank: ca 12 bar (sommartid)
- elpatroner: 2 x 4.5 kW
- medium: 98% propan, 2% butan
(kondenserar vid -44°C)
(ev utfällningar vid -25°C)
- tanktemperatur: < - 50°C
- frostperiod: 1 nov till mitten på maj
- huvudledning: $\phi = 40$ mm
- servisledningar: $\phi = 20$ mm

Tryck och temperatur

- distributionstryck: ca 0.6 ± 0.2 bar
- tryck i panna: ca 30 mbar
- ringspänning: 0.27 MPa ($\phi = 40 \times 4$ mm vid trycket 0.6 bar)
- temperatur: ca 80°C ± 5°C efter förångare (lägre vid hus)

1992-11-11

Övrigt

- oljeavskiljare: saknas
- frostdjup: 2 - 2.5 meter
- gravdjup: 0.7 m resp 1.1 m
- gravbredd: ca 1 m
- kringfyllnad: fin sand
- isolering: frigolitplattor
- föroreningar troligen olja, finns i gasolen

**Fakta om insvetsningen av nya rördelar i
kondensficka och servisledningar**

- svetsmetod: elektromuffsvetsning
- rengöring: skrubbning och rödsprit
- skyddsgas: ingen
- spänning: 24 V
- svetstid, $\phi = 40$: 36 s
- svetstid, $\phi = 20$: 26 s
- svetstemperatur: ca 220°C
- avsvälningstid: 15 min ($\phi = 40$)
- avsvälningstid: 10 min ($\phi = 20$)

Tabell A.1

Kodning och karaktärisering av material från Harstigen, Djupkärnsområdet i Kalix kommun. Kod 620-628 medfördes till Studsvik från Kalix 1991-09-23. Kod 633 levererades till Studsvik 1991-09-27.

Studsvik kod	Läge i Kalix	Längd	Rörmärkning (tillverkare)	Anmärkning
620	Kondensficka	1.8 m	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 40 X 3.7 PN4 22 2 87	1)
621	Kondensficka	14 cm	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 40 X 3.7 PN4 22 2 87	2)
622	Kondensficka	5 cm	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 40 X 3.7 PN4 22 2 87	3)
623	Kondensficka	7 cm	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 40 X 3.7 PN4 22 2 87	4)
624	Kondensficka	4 m	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 40 X 3.7 PN4 26 91	5)
625	Harstigen 5	2 m	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 20 X 3.0 PN4 09 8 87	6)
626	Harstigen 7	2 m	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 20 X 3.0 PN4 09 8 87	6)
627	Harstigen 5	5 cm	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 20 X 3.0 PN4 09 8 87	6), 2)
628	Harstigen 7	5 cm	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 20 X 3.0 PN4 09 8 87	6), 2)
633	-	92 m	UPOGAS 1 WDSW 2131.2 GAS PEM/F 40 X 3.7 PN4 26 91	7)

- 1) Röret exponerat för gas i kondensficka. Samma material som kod 621-623.
- 2) Rörproven transporterades vid -80°C till Studsvik där de sedan förvarades i frys. Exponerat för gas.
- 3) Rörprov innehållande sand. Sanden upptäcktes vid ett försök att samla upp eventuell "slatt" omedelbart efter att kondensfickan öppnats. Hur sanden kom in i kondensfickan är ej känt. Exponerat för gas.
- 4) Rörprov vilket blev över vid kapningen då kondensfickan återställdes. Exponerat för gas.
- 5) Rörprov från material som svetsades fast i kondensfickan, ej exponerat för gas.
- 6) Rörprov taget i direkt anslutning till villa där ingen förbrukning av gas skett. Rören har dock varit trycksatta med ungefär 0.6 bar. Viss del av plaströren har befunnit sig ovanför jorden (UV-exponerade).
- 7) Rörslinga levererad direkt till Studsvik av tillverkaren Uponor. Ej exponerad för gas. Enligt muntlig uppgift samma material som det material som svetsades fast i kondensfickan (rörkod 624).

1992-11-11

Tabell A.2

Hydrostatisk tryckprovning i lutensol vid 95°C av oexponerade PEM-rör av samma material som svetsades fast i kondensficka i Kalix. Läget 1992-11-11.

Prov nr	Temp °C	Medium utsida	Start datum	σ^* MPa	Löptid h	Brotttyp	Anmärkning
624-3	95	Lutensol	911210	2.94	->		1), 2)
624-4	95	Lutensol	911210	2.94	->		1), 2)

* σ = ringspänning = $p \cdot [(D-t)/2 \cdot t]$ där:

p = inre övertrycket

D = rörprovets diameter

t = rörprovets vägg tjocklek

1) Wipex-koppling. Inre övertrycket är lika med 6.45 kg/cm².

2) Rörprovet tryckprovades fortfarande vid projektets avslut 1992-11-11 utan att brott inträffat (löptid 8 376 h).

Tabell A.3

Hydrostatisk tryckprovning i lutensol vid 95°C av exponerade PEM-rör uttagna från kondensficka i Kalix.

Prov nr	Temp °C	Medium utsida	Start datum	σ^* MPa	Löptid h	Brotttyp	Anmärkning
620-3	95	Lutensol	911210	2.93	1 820	Sprött	1)
620-4	95	Lutensol	911210	2.92	1 950	Sprött	1)

* σ = ringspänning = $p \cdot [(D-t)/2 \cdot t]$ där:

p = inre övertrycket

D = rörprovets diameter

t = rörprovets vägg tjocklek

1) Wipex-koppling. Inre övertrycket är lika med 6.45 kg/cm².

1992-11-11

Tabell A.4

Hydrostatisk tryckprovning i luft vid 105°C av oexponerade PEM-rör av samma material som svetsades fast i kondensficka i Kalix. Läget 1992-11-11.

Prov nr	Temp °C	Medium utsida	Start datum	σ^* MPa	Löptid h	Brotttyp	Anmärkning
624-1	105	Luft	911210	0.96	->		1), 2)
624-2	105	Luft	911210	0.96	7 820	Sprött	1), 3)

* $\sigma = \text{ringspänning} = p \cdot [(D-t)/2 \cdot t]$ där:

p = inre övertrycket

D = rörprovets diameter

t = rörprovets väggtjocklek

- 1) Wipex-koppling. Inre övertrycket är lika med 2.1 kg/cm².
- 2) Rörprovet tryckprovades fortfarande vid projektets avslut 1992-11-11 utan att brott inträffat (löptid 8 376 h).
- 3) Brottet orsakat av kopplingspåverkan.

Tabell A.5

Hydrostatisk tryckprovning i luft vid 105°C av exponerade PEM-rör uttagna från kondensficka i Kalix. Läget 1992-11-11.

Prov nr	Temp °C	Medium utsida	Start datum	σ^* MPa	Löptid h	Brotttyp	Anmärkning
620-1	105	Luft	911210	0.96	->		1), 2)
620-2	105	Luft	911210	0.96	->		1), 2)

* $\sigma = \text{ringspänning} = p \cdot [(D-t)/2 \cdot t]$ där:

p = inre övertrycket

D = rörprovets diameter

t = rörprovets väggtjocklek

- 1) Wipex-koppling. Inre övertrycket är lika med 2.1 kg/cm².
- 2) Rörprovet tryckprovades fortfarande vid projektets avslut 1992-11-11 utan att brott inträffat (löptid 8 376 h).

1992-11-11

Tabell A.6

Termogravimetrianalyser (TGA) på oexponerade och i Kalix propan-exponerade PEM-rör. Analyserna genomfördes i heliumatmosfär i temperaturintervallet 35 till 600°C. Uppvärmningshastigheten var 10°C per minut.

Studsvik kod	Exponerat för propan	Provvikt mg	Halt av flyktig substans vikts-%	Anmärkning
624-I	Nej	16.2334	0	1)
624-II	Nej	13.3387	0	1)
623-I	Ja	16.0523	0.21	1)
623-II	Ja	15.8848	0.19	1)
621-I	Ja	15.9836	0.45	2)
621-I	Ja	15.6862	0.43	2)

1) Rörproven förvarade på Studsvik vid rumstemperatur.

2) Rörproven transporterades från Kalix till Studsvik vid -78°C, och förvarades därefter i frysbox (<-20°C) fram till tidpunkten för analysen.

Tabell A.7

Resultat från termisk analys (DSC) av oexponerade och i Kalix propanexponerade PEM-rör.

Prov	Exponerat för propan	Avstånd från in- sidan	Temp	Miljö	σ	Brott- tid	Kristal- linitet	Smält- temp	Oxidationstemp*	
									T _{ox1}	T _{ox2}
		mm	°C		MPa	h	%	°C	°C	°C
624-I	Nej	0.0-0.1	-	-	-	-	50.9	127.1	247	248
624-II	Nej	0.0-0.1	-	-	-	-	58.8	125.1	248	249
624-I	Nej	1.8-1.9	-	-	-	-	58.9	124.0	247	248
624-II	Nej	1.8-1.9	-	-	-	-	60.3	123.9	251	252
624-I	Nej	3.6-3.7	-	-	-	-	52.1	124.1	242	243
624-II	Nej	3.6-3.7	-	-	-	-	55.2	125.8	228	235
623-I	Ja	0.0-0.1	-	-	-	-	61.5	125.0	240	242
623-II	Ja	0.0-0.1	-	-	-	-	55.4	125.0	236	240
623-I	Ja	1.8-1.9	-	-	-	-	58.4	123.1	246	248
623-II	Ja	1.8-1.9	-	-	-	-	59.4	124.9	247	248
623-I	Ja	3.6-3.7	-	-	-	-	51.7	124.1	224	226
623-II	Ja	3.6-3.7	-	-	-	-	49.5	124.1	232	234
621-I	Ja	0.0-0.1	-	-	-	-	60.1	125.1	233	237
621-II	Ja	0.0-0.1	-	-	-	-	59.0	126.1	244	246
621-I	Ja	1.8-1.9	-	-	-	-	59.5	123.9	247	248
621-II	Ja	1.8-1.9	-	-	-	-	58.9	123.9	246	247
621-I	Ja	3.6-3.7	-	-	-	-	52.6	123.9	210	213
621-II	Ja	3.6-3.7	-	-	-	-	49.7	124.0	234	235

* Från det termogram som alstrades vid DSC analyserna bestämdes T_{ox1} och T_{ox2} vid en exoterm effekt av 0.5 mW. Värdena avrundades till heltal. Skillnaden mellan T_{ox1} och T_{ox2} är följande:

T_{ox1} svarar mot den temperatur vid vilken tangenten till kurvan vid 0.5 mW skär temperaturaxeln i termogrammet.

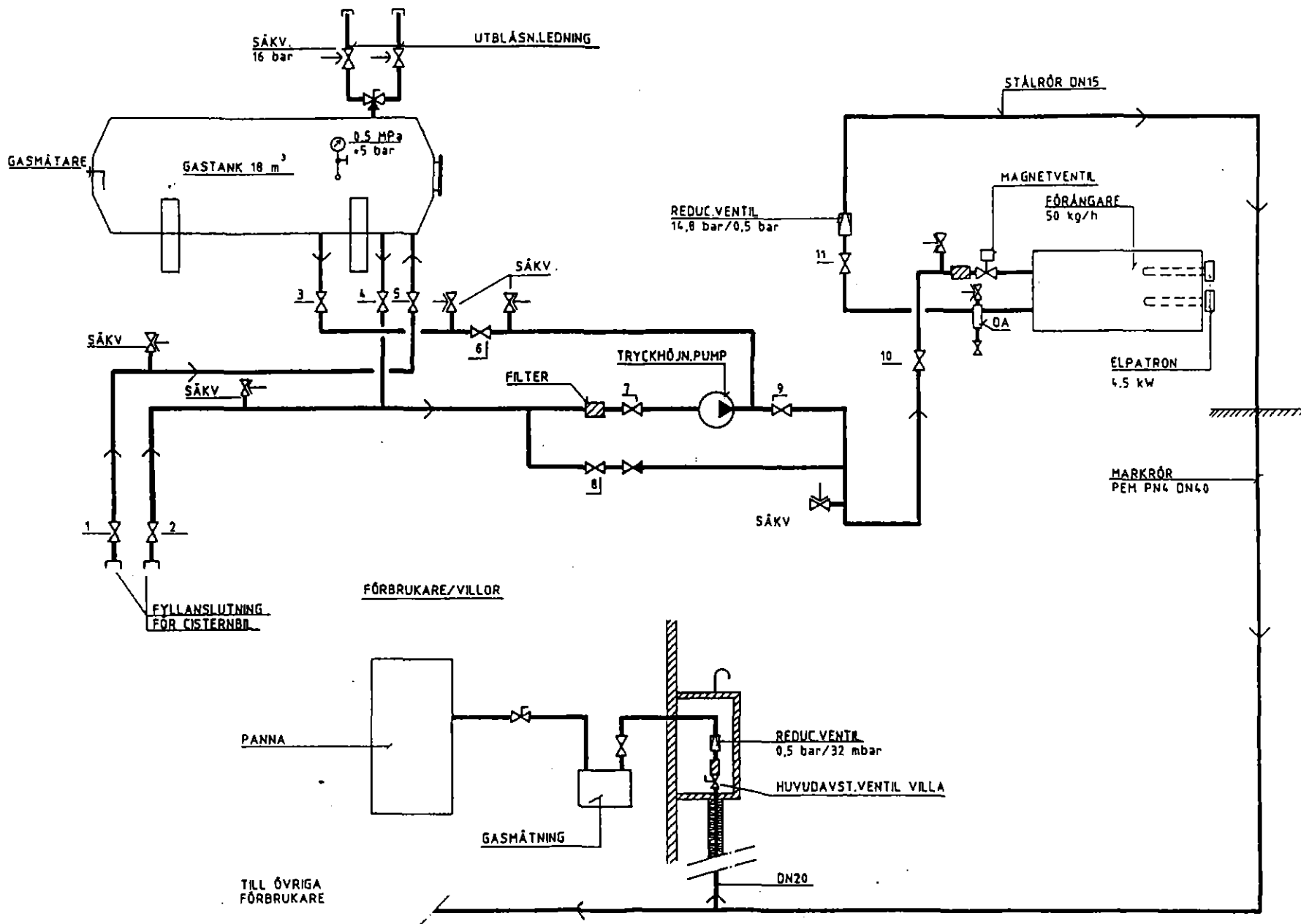
T_{ox2} svarar mot den temperatur där temperaturaxeln i termogrammet skärs av en mot baslinjen vertikal linje vid 0.5 mW.

FUNKTIONSKORT GAS

UPPDRAG 2000
GASANLÄGGNING
HÄRSTIGEN
KALIX KOMMUN

STUDSVIK MATERIAL AB
Polymera Material

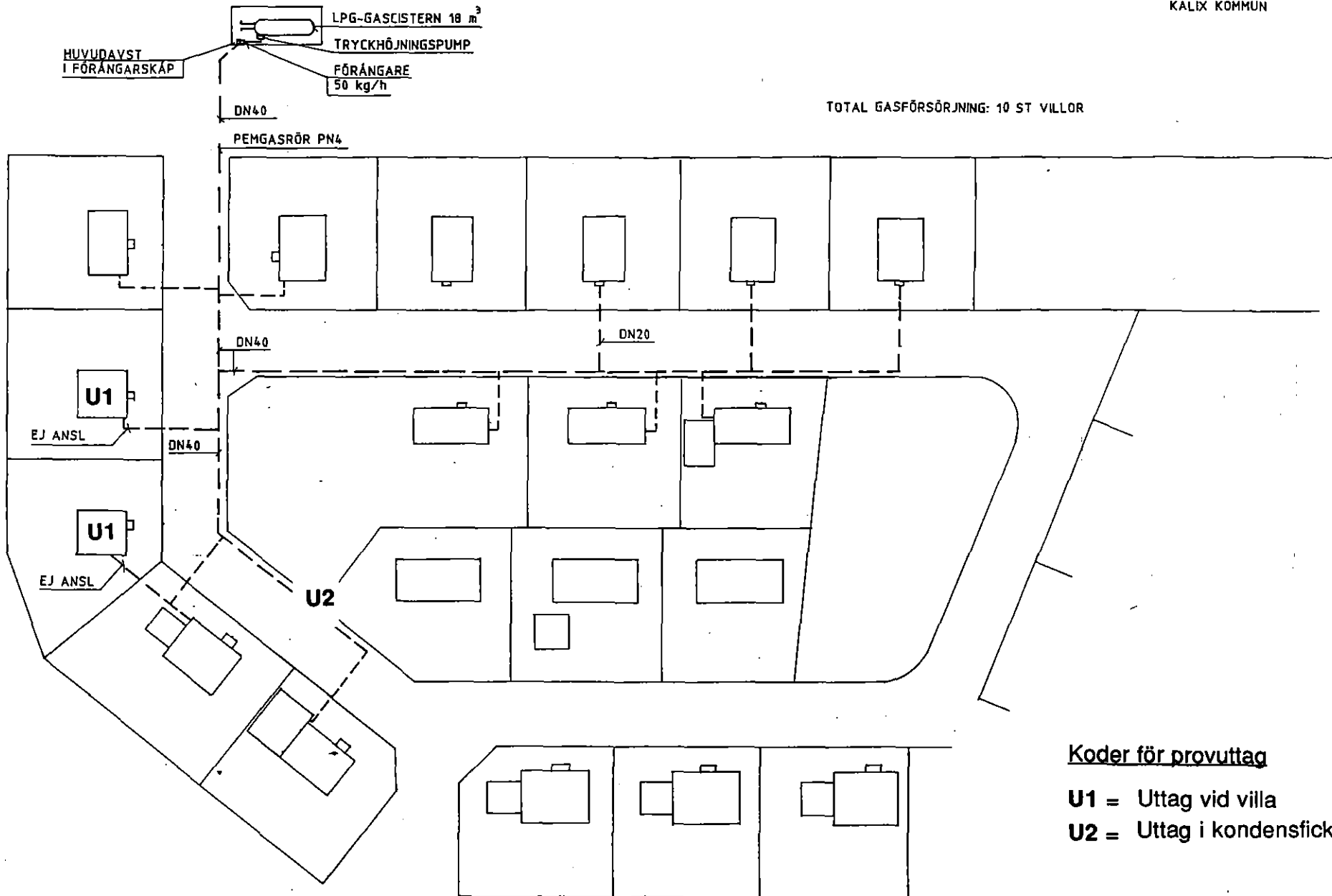
STUDSVIK/M-92/105 Bilaga B.1 (3)
1992-11-11



ORIENTERINGSPLAN

UPPDRAG 2000
GASANLÄGGNING
HARSTIGEN
KALIX KOMMUN

STUDSVIK MATERIAL AB
Polymera Material

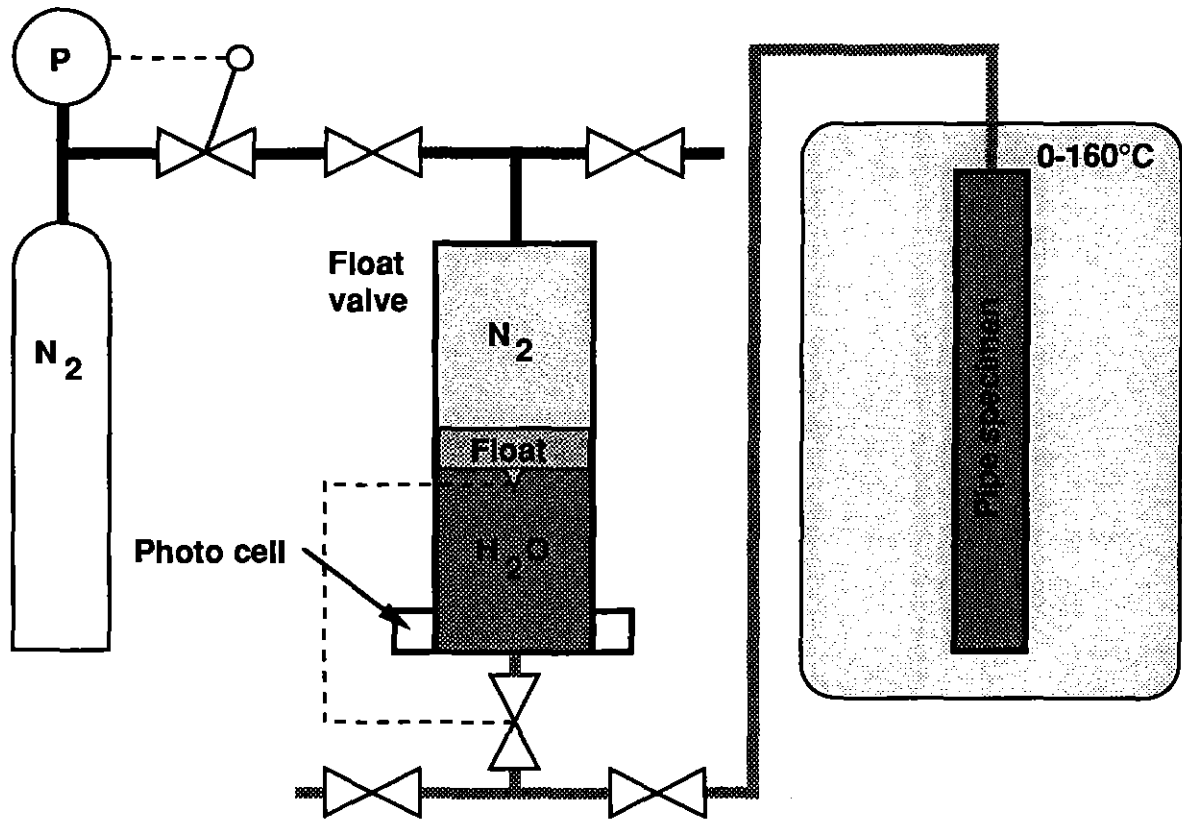


Koder för provuttag

- U1** = Uttag vid villa
- U2** = Uttag i kondensficka

STUDSVIK/M-92/105 Bilaga B.2 (3)
1992-11-11

1992-11-11



Figur B.3

Principskiss över tryckprovningssystemet. Kvävgas leds via en tryckregulator till en eller flera flottörventiler där en övergång sker till vatten som tryck-medium. Provet kan vara placerat i vattenbad eller ugn.

93-05-10

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
003	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 3	Apr 91	Svenskt Gastekniskt Center AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning	Jan 93	R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
008	Catalogue of gas technology RD&D projects in Sweden (På engelska)	Jul 91	Swedish Gas Technology Center	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Drifttekniska Instit. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50

93-05-10

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
019	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Glostorp, Malmö. Uppföljningsprojekt	Maj 92	Fallsvik J, Haglund H m fl SGI och Malmö Energi AB	100
020	Emissionsdestruktion. Analys och förslag till handlingsprogram	Jun 92	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
021	Ny läggningsteknik för PE-ledningar. Förstudie	Jun 92	Ove Ribberström Ove Ribberström Projektering AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center AB	150
023	Läggning av gasledning med plöjteknik vid Lillhagen, Göteborg. Uppföljningsproj.	Aug 92	Nils Granstrand m fl Göteborg Energi AB	150
024	Stumsvetsning och elektromuffsvetsning av PE-ledningar. Kostnadsaspekter.	Aug 92	Stefan Grudén TUMAB	150
025	Papperstorkning med gas-IR. Sammanfattning av ett antal FUD-projekt	Sep 92	Per-Arne Persson Svenskt Gastekniskt Center	100
026	Koldioxidgödsling i växthus med hjälp av naturgas. Handbok och tillämpn.exempel	Aug 92	Stig Arne Molén m fl	150
027	Decentraliserad användning av gas för vätskevärmning. Två praktikfall	Okt 92	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult AB	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationspanna. Utvärdering av en demo-anläggning	Nov 92	Per Carlsson, Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	150
031	Detektion av dräneringsrör. Testmätning med magnetisk gradiometri	Nov 92	Carl-Axel Triumpf Triumpf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150

93-05-10

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
033	Energiuppföljning av gaseldad panncentral i kvarteret Malörten, Trelleborg	Jan 93	Theodor Blom Sydkraft AB	150
034	Utvärdering av propanexponerade PEM-rör	Maj 93	Hans Leijström Studsvik AB	150



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 50525, 202 50 MALMÖ

Telefon: 040-700 40

Telefax: 040-30 50 82